

第八篇

斜井工程施工设计 实用技术与图集

第一章 斜井开拓与施工

第一节 斜井开拓方式

井田开拓方式可分为 :平硐开拓、斜井开拓、立井开拓和综合开拓四种。开拓方式选择的正确与否将影响矿井的建设速度 ,并与全矿的总投资、劳动生产率及生产成本有着极大的关系。在确定井田开拓方式时 ,应按先平硐、次斜井、再次立井和综合开拓的顺序选择之。

平硐开拓在技术上和经济上要比斜井、立井等开拓方式有利得多 ,具有投资少、建设速度快、投产早、成本低等优点。但真正适合平硐开拓方式的井田很少 ,其应用范围有限。

与此相比 ,立井开拓方式的应用范围很广泛 ,一般情况都可采用。但其施工复杂、投资大、井筒内和井口设备多、建设周期长 ,故只有在地质、地形等条件限定必须采用立井开拓时方采用之。

斜井开拓介于上述两者之间 ,具有投资省、投产快、效率高、成本低等一系列优点。国内外大、中、小型矿井都有采用。我国东北地区的鸡西、鹤岗、阜新等老矿区 ,其小型煤矿所采用的片盘斜井开拓方式占有较大比重 ,且具有悠久的开采历史。我国西北地区现有的生产矿井 ,斜井开拓的比重约占一半以上 ,而目前正在施工或近年来投产的矿井 ,如灵武矿务局的灵新一号井、华亭矿区的陈家沟矿和砚北矿、蒲白矿务局的朱家河矿等 ,都采用了斜井开拓方式。70 ~ 80 年代 ,我国为扭转北煤南运的局面 ,在广东、广西、湖北、江

西等省,都兴建了不少中小型矿井,其中斜井开拓所占比重更大。西南地区采用斜井开拓的比例也相当大,如四川达竹矿务局全为斜井开拓方式。大同矿务局是我国最大的煤炭能源生产基地,亦是国家大型重点骨干企业之一,该局“七五”期间,经新井建设和老井改扩建,全局形成 15 对矿井,总设计生产能力为 33.3Mt。其中 13 对矿井为斜井(或斜立井混合)开拓,设计能力达到 29.1Mt,占总设计能力的 89.2%。

随着矿井装备的不断改进和施工技术的不断提高,斜井开拓不仅在中小型矿井广为采用,在大型矿井应用的情况亦日益增多,如晋城的凤凰山矿、新汶的协庄矿、灵武的灵新一号井、华亭的砚北矿等。

近年来,随着矿井生产机械化的发展,强力皮带运输机和大倾角强力皮带运输机的广泛应用,矿井开拓有向斜井、斜立井联合方式发展的趋势。因斜井提升能力大,可实现矿井运输机械化,还便于新水平的延深。所以,斜井和斜立井联合开拓方式引起国内外采矿工程界的兴趣和重视。我国以斜井或斜立井开发的矿井也逐年增多。据统计,1978~1983 的 6 年中,全国建成以斜井开发方式的矿井约 56 对。1984 年全国新开矿井设计总能力 11.45Mt,其中以斜井开发的矿井能力约占 76.4%;1986 年全国新建投产矿井 17 对,设计总能力 12.21Mt,其中以斜井开发的矿井约占 40%。设计年产 4~5Mt 的特大型矿井,如四台沟、燕子山、贵石沟、成庄等煤矿,也都采用斜井立井联合开拓方式。

国外的煤炭工业,随着生产的集约化和现代开采技术的发展,大型、特大型的矿井,包括新建和扩建的日益增多,其中斜井开拓也占有一定比重。英国、日本、前苏联、德国等国家的一些大型矿井,采用斜井开拓的实例增多。例如美国的迪尔威兹矿、日本的夕张新矿、太平洋钏路矿、前苏联的多尔森矿都采用大型斜井出煤,年产量均在 2~4Mt 左右,斜井长度有的可达 3500~5000m,最大开采深度达 950m,全为钢丝绳胶带机运煤。西德的萨尔矿区将几个相近的矿井在井下贯通,由一个斜长为 5500m 的斜井集中出煤。英国也在把分散的矿井集中起来,由胶带斜井集中运出,斜井提升高度可达 700m 左右。在现代技术条件下,采用斜井开拓可最大限度地发挥胶带输送机连续运输的优点,加之施工装备的改进,斜井掘进速度的提高,斜井开拓方式正愈来愈为人们所重视。

第二节 斜井施工特点

斜井施工,既不同于立井,又不同于平巷,施工方法与施工设备介于立井与平巷之

间,各国对其研究较少。

斜井井筒,由于其有 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$,甚至更大的坡度,故在施工方法及工艺、施工机械及配套等方面各有其特色。与平巷施工相比,斜井施工有许多具体困难,其中以装岩、排矸和排水最为突出。

50~60年代,淮北等矿区曾利用平巷后卸式铲斗装岩机,加上装岩自爬装置用于斜井装岩,但生产率不高,仅比人工装岩提高一倍左右,且只能使用于倾角小于 15° 的条件。1965年峰峰矿务局开始推广使用耙斗装岩机,收到良好效果,掘进坡度 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 9m^2 左右断面的斜井,过去人工装岩每循环需要 5~6 小时,使用耙斗装岩机只需 2 小时,大大提高了装岩效率,减轻了繁重的体力劳动。由于耙斗岩机具有一系列优点,在煤炭系统很快得到推广。1971年,湖南建井第五工程处在涟邵矿区花萼里副斜井掘进中,将耙斗机用于斜井施工,并与箕斗提升配套使用,装满一个 2m^3 箕斗只需 2min 多的时间,创出月成井 331.3m 的全国最高纪录。这使斜井施工技术发展进入一个新阶段。1971~1974年,月成井超过 300m 者有 10 余处,涟邵矿区石坝主斜井、利民 3 号井,铜川矿区陈家山二采区主斜井、下石节斜井等工程,曾多次突破世界斜井最高月进度。特别是铜川基建公司二处在下石节二采区风井施工中,1974年 12 月创出月成井 705.3m 的世界最高斜井快速施工纪录。

至此,我国斜井施工逐步形成了具有自己特色的机械化作业线及设备配套。其中有激光指向、光面爆破、耙斗机装岩、箕斗提升、斗形矸石仓排矸,即“两光三斗”的成熟经验。

随着矿井开拓向深部发展和施工装备、施工方法和工艺的不断改进,大断面斜井快速施工得到发展。阳泉矿务局于 1974 年 11 月在贵石沟主斜井施工中创出大断面斜井快速施工月成井 150.7m;大同矿务局燕子山工程处 1991 年 6 月在马脊梁新高山主斜井施工中创出月成井 376.2m 的新纪录,并且连续三个月平均月成井高达 275.2m。这为解决大断面深斜井持续稳定地快速施工开创了新的篇章。

近年来,由于山区地形和煤层赋存条件等的限制,加大倾角强力皮带输送机的推广应用,常出现斜井倾角 25° 以上、甚至 35° 的大倾角斜井,这给斜井施工带来了许多新困难,提出了新的研究课题。

能否缩短建井周期,关键在于缩短井筒开凿工期。据统计,斜井筒工程量在煤矿建设井巷总工程量中仅占 3%~13%,而其施工期一般约占矿井建设总工期的 35% 左右。所以,总结并发展斜井施工技术,提高斜井施工速度,对加快矿井建设速度,缩短矿井建设周期具有重要的现实意义。

第二章 凿岩爆破

斜井施工作业中凿岩爆破的钻眼机具、爆破器材、爆破技术与平巷施工基本相同,本章只介绍斜井施工中的特点和经验。

第一节 多台风钻打眼

斜井掘进中的多台风钻打眼,是目前国内斜井施工作业中普遍应用的机械化配套方式之一。它可靠实用、效益好。打眼的时间一般占循环时间的40%左右,采用多台风钻打眼,可缩短打眼时间,提高掘进循环率,加快施工速度。但风钻的合理布置、严密组织非常重要,否则,会互相干扰,不能发挥其优势。

一、风钻选型

使用导轨式凿岩机有助于推广深孔光爆,但在斜井施工中使用凿岩台车无法调车。若使用钻装机,又不能使钻眼、装岩平行作业。液压支腿式凿岩机钻眼效率高,但其后部配备的工作车影响装岩工作。故国内斜井快速施工中,多使用风动气腿式凿岩机。多台同时作业,在工作面使用灵活,能与装岩等工序平行作业。气腿式凿岩机一般选用中频,如YT-28型等。在中硬以上的岩石中使用高频凿岩机能够取得较高钻眼生产率。

二、风钻台数的确定

掘进工作面同时作业的风钻台数,主要根据井筒的断面大小、岩性、支护型式、炮眼

数量、作业人员的技术素质、施工管理水平来确定。一般经验是： $f < 6$ ，巷宽 $< 3.5\text{m}$ $4 \sim 4.5\text{m}^2/\text{台}$ ； $f = 6 \sim 10$ ，巷宽 $3.5 \sim 4\text{m}$ $3 \sim 4\text{m}^2/\text{台}$ ； $f > 10$ ，巷宽 $> 4\text{m}$ $2.5 \sim 3\text{m}^2/\text{台}$ 。普通爆破法取下限台数，光面爆破取上限台数。大同马脊梁矿新高山主斜井，进行快速施工，光面爆破， 15.2m^2 断面取 $5 \sim 6$ 台，平均循环打眼总数 90 个（包括锚杆眼），凿岩总时间 75min 左右。

第二节 中深孔光面爆破

实践证明，钻眼爆破工序是加快掘进速度的关键环节。目前井巷工程中的爆破主要指普通光面爆破，按照一次爆破的深度，分为（眼深 1.9m 以下）中深孔（眼深 $2.0 \sim 2.9\text{m}$ ）和深孔（眼深 3m 以上），按掏槽方法又分为中空直眼掏槽与斜眼掏槽两大类，按爆破联线方式可分为大串联、全并联、并串联三种形式，按起爆方法分为全断面一次爆破和分次爆破。

斜井中深孔光面爆破技术应合理地选择和确定爆破参数，主要包括：掏槽方式、不偶合系数、密集系数、装药结构、起爆技术等几方面。斜井中深孔爆破炮眼深度，过去多为 $1.6 \sim 1.8\text{m}$ ，经过“七五”中深孔爆破科技攻关，深孔一次爆破达到 $3 \sim 4\text{m}$ 。炮眼深度可按巷道断面的大小增减，掘进断面大于 15m^2 取 $1.8 \sim 2.5\text{m}$ 较适宜，断面 $12 \sim 15\text{m}^2$ 取眼深 2m 左右较为理想。这样，易操作，效果好。深孔爆破不宜在斜井使用，这是由于目前所使用钻眼机具所决定的，随着钻孔深度增加，气腿式凿岩机钻进效率降低，不能发挥多台的优越性。斜井中深孔爆破孔深不宜超过 3m ，最好在 2.5m 左右，各项指标最优。

一、掏槽方式的选择

浅眼爆破时，多采用楔形掏槽和锥形掏槽。钻凿倾斜的掏槽眼常受断面尺寸的限制，难以加深炮眼，因而在中深孔爆破中采用直接眼掏槽法。

直眼掏槽法在金属矿山使用得较为广泛。大多应用于硬岩掘进。为了推广中深孔爆破，近十多年来，总结了适用于煤矿斜井施工的菱形掏槽、螺旋掏槽、柱状掏槽等掏槽方式。这些中深孔爆破的掏槽方式，在斜井快速施工的实践中，使炮眼平均深度从 2m 、 2.4m 提高到 3m ，从而使月平均循环进尺达到了 $2.02 \sim 2.27\text{m}$ 。这是我国斜井施工中一项重大突破。

斜井中深孔光面爆破中的其它参数 ,如炮眼数量、密集系数、眼距与装药量、装药结构和起爆技术等与巷道施工相类似 ,这里不再赘述。但需要指出的是 ,在布置炮眼时 ,应根据断面大小、围岩情况、炸药威力、炮眼深度诸因素合理选择炮眼排列。为防止底板欠挖 ,底眼的角度应比井筒坡度大 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$,且比其它眼深 $100 \sim 200\text{mm}$,底眼的间距不能大 , $300 \sim 400\text{mm}$ 为宜。

二、中深孔光爆实例

斜井井筒掘进中 ,随着锚喷支护的推广 ,要求爆破后的断面严格地符合设计要求。为此 ,应适当增加周边眼孔数 ,掌握好周边眼的角度、间距 ,并适当减少每个周边眼的装药量 ,使药卷沿炮眼长度较均匀地分布 ,从而达到光面爆破效果。

表 8-2-1、表 8-2-2、表 8-2-3 和图 8-2-1、图 8-2-2、图 8-2-3 为铜川基建公司在斜井创新施工中采用的爆破图表。表 8-2-1、图 8-2-1 为斜井井筒穿过泥岩的爆破图表 ,采用了小直径四眼三角柱状掏槽 ,周边眼布置在设计轮廓线以内 100mm 处 ,密集系数为 $0.5 \sim 0.6$,且使用了改制的小直径药卷。表 8-2-2、图 8-2-2 为在页岩中使用的爆破图表 ,选用了六眼三角柱状掏槽 ,周边眼布置在设计轮廓线以内 50mm 处 ,密集系数为 $0.8 \sim 1.0$ 。表 8-2-3、图 8-2-3 为砂岩中的爆破图表 ,掏槽眼布置为九个眼的复式三角柱状掏槽 ,周边眼布置在设计轮廓线上 ,密集系数 > 1 ,周边眼间距为 $400 \sim 500\text{mm}$ 。爆破图表中炮眼角度 ,系指与工作面夹角 ,工作面与井筒轴线相垂直。

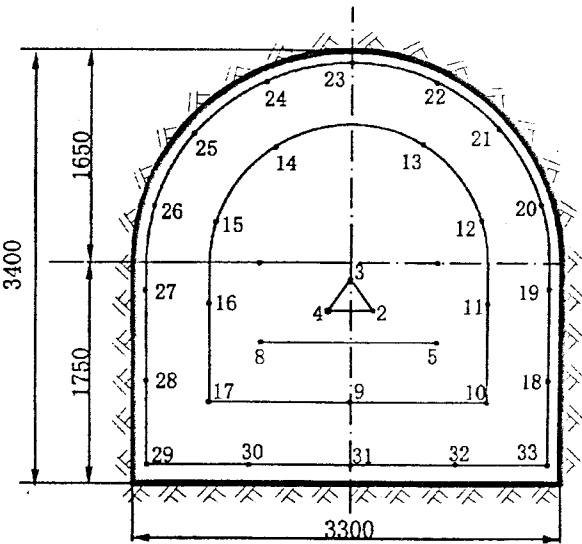


图 8-2-1 泥岩中爆破炮眼布置示意图

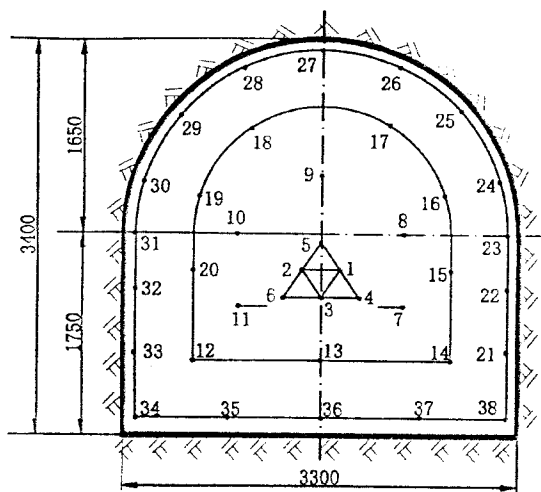


图 8-2-2 页岩中爆破炮眼布置示意图

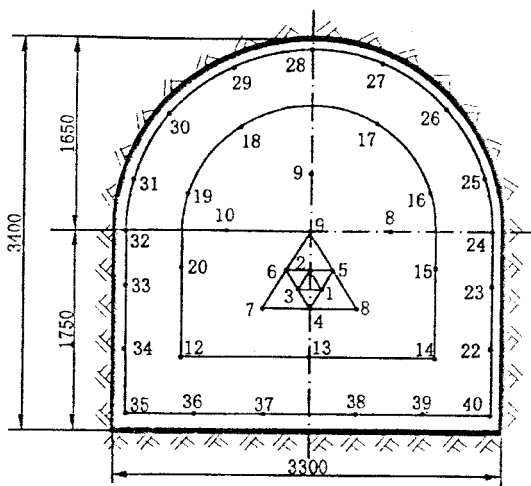


图 8-2-3 砂岩中爆破炮眼布置示意图

表 8－2－1 泥岩爆破炮眼布置

炮眼名称	眼号	眼深 (m)	角度(°)		每眼药量 (kg)	起爆 顺序	联线 方式
			水平	垂直			
槽眼	1	3.1	90	90	0		串联
槽眼	2～4	3.1	90	90	1.4	1	
扩槽眼	5～8	2.9	75	90	1.5	2	
辅助眼	9～17	2.9	90	90	1.3	3	
周边眼	18～28	2.9	90	90	0.9	4	
底眼	29～33	3.1	90	90	1.5	5	

表 8－2－2 页岩爆破炮眼布置

炮眼名称	眼号	眼深 (m)	角度(°)		每眼药量 (kg)	起爆 顺序	联线 方式
			水平	垂直			
槽眼	1～3	2.9	90	90	1.4	1	串联
槽眼	4～6	2.9	90	90	0		
扩槽眼	7～11	2.7	75	75	1.3	2	
辅助眼	12～20	2.7	90	90	1.2	3	
周边眼	21～33	2.7	90	90	0.9	4	
底眼	34～38	2.8	90	90	1.5	5	

表 8－2－3 砂岩爆破炮眼布置

炮眼名称	眼号	眼深 (m)	角度(°)		每眼药量 (kg)	起爆 顺序	联线 方式
			水平	垂直			
槽眼	1～3	2.9	90	90	1.4	1	串联
槽眼	4～6	2.9	90	90	0		
扩槽眼	7～9	2.9	90	90	1.4	2	
辅助眼	10～21	2.7	90	90	1.2	3	
周边眼	22～34	2.7	90	90	1.0	4	
底眼	35～40	2.8	90	85	1.5	5	

三、提高中深孔爆破技术措施

(1) 炮眼的装药顺序一定按雷管编号的起爆顺序,从顶部到底部,边装边联。炮泥充填方式有全充式、内封式、封口式,应以全充式使用为主。大同马脊梁新高山主斜井掏槽采用了空眼与楔型掏槽眼相结合炮泥全充式,辅助眼炮泥内封式,周边眼炮泥封口式,平均炮眼利用率 95% 以上,眼痕率 60% 以上。

(2) 炮眼装药量可根据岩性特征和炮眼数量合理取值。一般是由掏槽到周边眼逐渐减少。岩石较软、节理发育时,周边眼可采用隔空眼装药,以减少对围岩的破坏。岩石坚硬时要均匀少装,采用周边眼空气柱式切割爆破。

(3) 联线方法采用串并联,大串联联线简单方便,但电阻大,若一个雷管出现断路或拒爆,则都不能起爆;大并联电阻小易出现跳爆。

(4) 光面爆破的效果主要在于拱部周边眼爆破,必须对其进行严格控制。周边眼与辅助眼最大抵抗线不要大于周边眼距的两倍为佳。拱部周边最后一个段别起爆,有时为了取得更佳效果,减少对围岩的破坏,大断面斜井采用超前掘进法,分次爆破。但条件许可应尽量推广一次起爆,提高爆破安全度。

直眼掏槽中深孔与深孔爆破是目前大力推广的先进技术。直眼掏槽采用中空眼来增加爆破自由面,能保证爆破效果,但中深孔爆破存在打眼要求高,装药难度大,雷管必须进行测试,采用长脚线操作较困难等问题。因此,必须加强爆破作业管理。

第三节 抛碴爆破

井筒倾角小于 25° 时,采用抛碴爆破可以收到明显效果。抛碴爆破是打眼与装岩平行作业、提高装岩生产率的一项措施。

采用中深孔抛碴爆破时,应适当改变底眼上部的辅助眼(亦称抬眼)的角度,使其倾角比井筒倾角小 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$;底眼加深 200 ~ 300mm,并使其低于巷道底板 200mm,加大底眼装药量。工作面条件允许时,可在巷道两边底眼口预埋药包,并与底眼同时最后起爆。图 8-2-4 为斜井中深孔抛碴效果示意图,斜井断面 7m^2 左右,炮眼深度 2.5m。放炮后,碴堆与顶板有 1.0 ~ 1.5m 的空间,可满足打上部眼的要求。

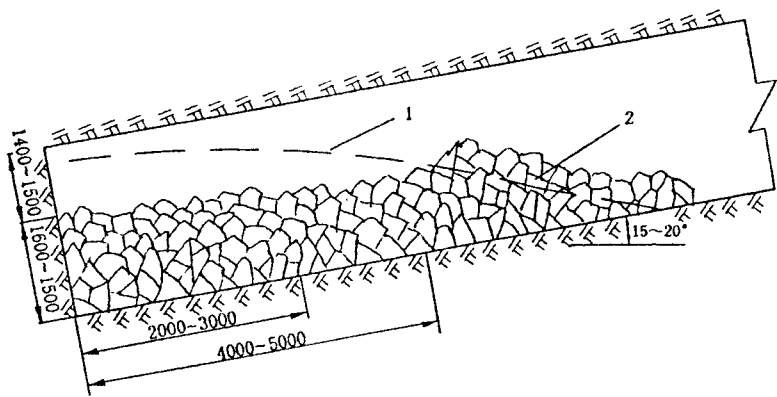


图 8-2-4 斜井中深孔抛渣爆破效果示意图

1—普通爆破矸石堆 2—抛渣爆破矸石堆

第三章 装 岩

采用普通法掘进斜井时,装岩工序约占斜井循环的 40% ~ 60%,实现装岩机械化是加快斜井掘进速度的主要措施。为此,各国积极研制使用装岩设备,目前用于斜井装岩的机械有耙斗装岩机、蟹爪式装岩机、铲斗后卸式及侧卸式装岩机、铲运机和钻装机等。西德、日本、英国以侧卸式装岩机为主,法国、波兰、捷克以耙斗装岩机为主,前苏联、美国以蟹爪装岩机为主。我国普遍使用耙斗装岩机。

第一节 耙斗装岩机在斜井施工中的应用

耙斗式装岩机,如图 8-3-1 所示,主要由耙斗、装车台、卸料槽和绞车、车架以及主尾绳和导向轮等组成。耙装工作时,耙斗借耙齿的斜角和自重插入岩堆,然后通过绞车的两个滚筒,分别牵引主绳和尾绳,使耙斗往复运动,把矸石耙进料槽,再由卸料槽尾部的卸料口卸入矿车,从而实现装岩作业。耙装机结构简单、维修量小、安全可靠、铺轨简单、适应面广、装岩生产率高。缺点是钢丝绳和耙斗磨损较快,工作面堆矸较多,影响其他工序工作。从 1963 年开始,我国煤矿逐步推广使用了耙装机,现已形成系列,是目前应用最广的装载设备。

耙斗装岩机是斜井施工的重要装岩设备。我国斜井施工基本上都采用耙斗装岩机,与其它类型装岩机相比,在数量上占绝对优势。我国斜井施工纪录,从利民斜井的月进 364.5m 到下石节月进 705.3m,所用装岩设备均为耙斗装岩机。从斜井施工现场实际出

发 分析、研究耙斗装岩机的工作原理和有关参数 ,对指导该类装岩设备的设计、制造和使用 ,加快斜井施工速度都具有重要意义。

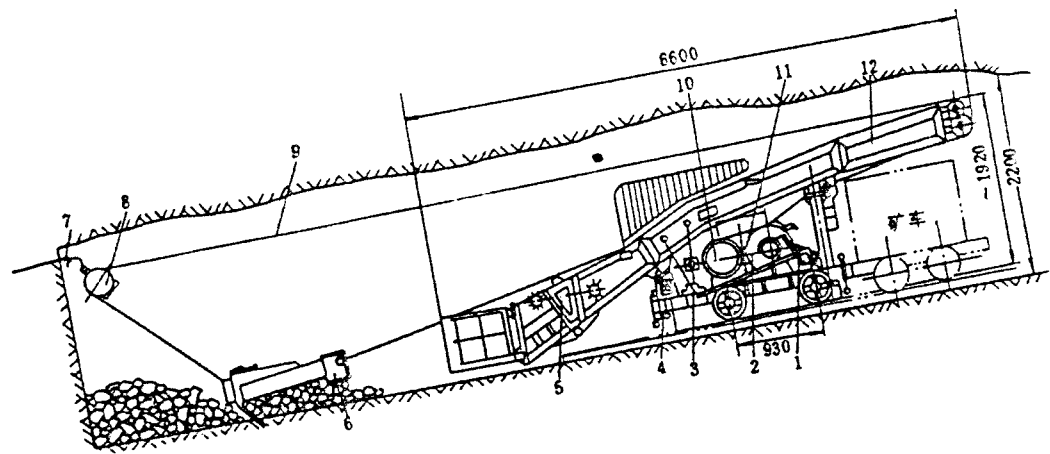


图 8-3-2 耙装机结构示意图

1—连接双头螺丝 2—绞车 3—操作柄 4—卡轨器 5—调整螺丝；
6—耙斗 7—固定楔 8—尾轮 9—钢丝绳 10—电动机 11—减速箱 12—卸料槽

一、耙斗装岩机的种类、结构及参数

(一)耙斗装岩机的种类

我国目前使用最多的是 P 型耙斗装岩机 ,其基本参数与尺寸见表 8-3-1。

表 8-3-1 耙斗装岩机的基本参数

参数	P15K (A) P15 (A)	P30B P30	P60B P60	P120B P120
耙斗容积 , μm^3	0.15	0.30	0.60	1.20
技术生产率 , $\mu\text{m}^3/\text{h}$	15 ~ 25	35 ~ 50	70 ~ 110	120 ~ 180
轨距 ,mm	600	600/900	600/900	900/1500
主绳牵引力 ,kN	7.2 ~ 10.4	12.3 ~ 18.5	20 ~ 28	37 ~ 55
钢丝绳直径 ,mm	12.5	12.5 ~ 15.5	15.5	18.5
电动机功率 ,kW	11	17	30	55
工作电压 ,V	380/660	380/660	380/660	380/660

参数	P15B(A) P15(A)	P30B P30	P60B P60	P120B P120
外形长,mm	5000	5900	7850	10250
宽,mm	1170	1500	1850	2250
向,mm	1800	1950	2350	2870
总重,t	2.50	4.50	7.20	10.50

另有其它系列的耙斗装岩机也在斜井施工中广泛使用,如 YP-35、YP-60、YP-90 型等,YP-90 型耙斗装岩机在贵石沟斜井施工中取得了较高的施工速度。

(二)耙斗装岩机的机体结构

耙斗装岩机由槽子、台车、固定装置、滑轮组、耙斗、固定楔和绞车等七部分组成。

1.槽子

它包括如下部件：

挡板,用销子与簸箕口连接。用以将耙斗导入槽子,并防止碴石涌出装岩机两侧。

簸箕口,碴从簸箕口进入装岩机上。簸箕口两侧焊上钩子,连接槽两侧焊上鼻子(耳环),钩子挂住耳环,即可提起。

连接槽,连接簸箕口和中间槽。

中间槽,用埋头螺钉固定在台车立柱的托板上,并连接到卸碴槽。

卸碴槽,槽底留有卸碴口,矸石由此装入矿车或箕斗。它可根据矿车、箕斗大小而加高、加长。

2.台车

支撑装岩机的全部重量。它包括车架、轮对、弹簧碰头。台车上安装绞车和电气设备,还装有固定槽子的立架和支柱。

3.固定装置

耙斗装岩机的固定装置有卡轨器和斜支撑。卡轨器上端固定在台车上,下端用螺栓将钢轨卡住,用以防止倾覆和跑车。

4.滑轮

由侧板、绳轮、心轴装配而成。分为导向轮、尾轮、架绳轮三种。

5.固定楔子

固定尾轮用,分为硬岩楔子和软岩楔子。

6.绞车由电动机、变速箱、卷筒和操纵机构等部分组成。摩擦轮式耙斗装岩机与行星轮式耙斗装岩机除绞车传动部分不同外,其它部分基本上是一样的。

7. 耙斗

它是耙斗装岩机的主要部件,由碰头、耙柄、尾帮和耙齿四部分组成。

二、耙斗的技术参数

(一) 耙斗重量与形状

耙斗重量是耙斗的重要参数之一。有两种耙斗,一是适用于耙运大块硬岩的重型耙斗,一是适用于耙运细碎软岩的轻型耙斗。为了减轻对溜槽底板的磨损,这两种耙斗均选用平耙齿。目前用的最多的耙斗结构形状为耙式耙斗。耙斗的形式主要取决于所耙运物料的性质。概括地说,耙运块度大、比重较大的硬岩,耙斗应制成铸造耙式的;耙运泥岩、砂质泥岩等松软细碎的矸石,耙斗应制成箱形(密闭形式)。

(二) 耙斗的插入角和耙角

耙斗的插入角是指它在运行过程中插入岩堆的角度。耙斗的耙角是指它在静止水平位置时,耙齿内侧与水平面所成的角度。耙角不一定等于插入角,但这两值十分接近,一般都叫做插入角。

插入角必须与岩碴的插入阻力相适应。阻力大的岩碴,插入角也应大,使耙斗在一定距离内插入一定深度。插入角与岩碴的块度有关,块度越大,插入阻力也越大,插入角值宜选大些。插入角还与耙斗的装载位置有关,斜井掘进,其值就宜选大些。但随着耙角的加大,耙斗重量和牵引力也要相应增大,因而耙角不宜太大。当耙角增至 90° ,耙斗就无法插入岩堆。故中硬岩石,中等块度岩碴,当斜井倾角小于 20° ,耙角取 65° 左右;斜井倾角为 $20^\circ \sim 25^\circ$,耙角取 70° 左右;当斜井倾角大于 25° ,耙角取 75° 为宜。

(三) 耙斗的重心

为保证耙岩工作的稳定性和较好的插入性能,耙斗重心应通过齿尖,可使耙斗工作时前后各部位保持平衡。重心的上下、左右位置,希望在耙斗两端牵引钢丝绳的连线下面,以防止耙斗提起时翻转。斜井施工使用的耙斗,插入角要加大,重心位置也要后移。这样才能适应斜井的特点,得到较好的装载性能。

(四) 耙斗容积

经过 20 多年的实践,耙斗斗容从 0.15m^3 、 0.17m^3 、 0.3m^3 、 0.35m^3 发展为标准系列 0.3m^3 、 0.6m^3 、 0.9m^3 、 1.2m^3 。斗容大的,生产能力也大。今后应着手研制斗容 1.5m^3 、 1.8m^3 的大型耙斗装岩机。

三、耙斗装岩机在斜井施工中的应用分析

(一) 耙斗装岩机机械化配套

我国斜井快速施工逐步形成具有自己特色的机械化作业线及配套设备,其中有激光指向、光面爆破、耙斗装岩机、箕斗提升、斗形矸石仓排矸,即“两光”、“三斗”的成熟经验。耙斗装岩机在其中发挥了重要的作用。耙斗装岩机的使用,有利于实行装岩与钻眼平行作业,为快速施工创造条件,其在井筒内的布置如图 8-3-2 所示。

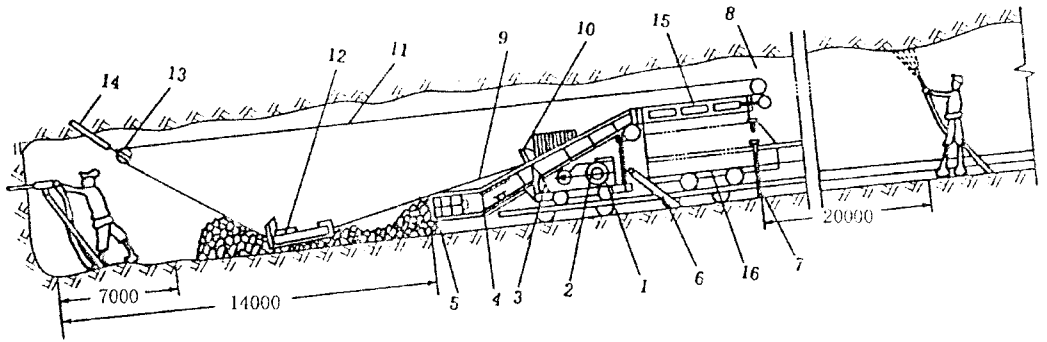


图 8-3-2 耙斗机在斜井工作面布置示意图

- 1—绞车绳筒 2—大轴轴承 3—操纵杠杆 4—升降丝杠 5—进矸导向门;
6—大卡轨器 7—托梁支撑 8—后导绳轮 9—主绳(重载);10—照明灯;
11—副绳(轻载);12—耙斗;13—导向轮;14—铁楔;15—溜槽;16—箕斗

斜井装提配套综合排矸能力,是指掘进中爆破出的矸石在单位时间内提到地面的能力,它主要与装提配套设备能力有关。70 年代配套能力小,耙斗装岩机斗容多为 $0.15 \sim 0.6 \text{ m}^3$,箕斗容积也在 $2 \sim 4 \text{ m}^3$ 之间,只能适用于断面积 10 m^2 以下的斜井快速施工。近年来,装提配套朝大型化方向发展。阳泉矿务局贵石沟矿主斜井使用 YP-90 型耙斗装岩机,耙斗斗容 0.9 m^3 ,技术生产率 $120 \sim 150 \text{ m}^3/\text{h}$,配套 6 m^3 无卸载轮前卸式箕斗,最高月成井 150.7 m ,平均月成井 102.23 m 。大同矿务局马脊梁矿新高山主斜井使用 P120B 型耙斗装岩机,耙斗斗容 1.2 m^3 ,技术生产率 $120 \sim 180 \text{ m}^3/\text{h}$,配套 8 m^3 前卸式箕斗,三个月成井 825.5 m ,最高月成井 376.2 m ,达到当今国内外斜井快速施工最高水平。这些成功经验表明斜井要快速施工,必须配套大型的装提设备。而我国斜井施工目前普遍使用 $0.3 \sim 0.6 \text{ m}^3$ 斗容的耙斗装岩机,单个设备配套能力小,装提综合配套能力上不去,使全国的平均施工速度徘徊在月进 50 m 左右。今后应普遍推广使用 $0.6 \sim 0.9 \text{ m}^3$ 斗容的耙斗装岩机,要求快速施工的可应用 $0.9 \sim 1.2 \text{ m}^3$ 斗容的大型耙斗装岩机。

(二)耙斗装岩机在斜井施工中的适应性

一般情况下,耙斗装岩机可在倾角小于 30°的斜井中使用。倾角大于 25°时,其装岩效率有较大幅度的降低。井筒倾角大于 30°,如达竹矿务局金刚矿延深主斜井,35°倾角,与平巷相比变化很大,对 P30B 型耙斗装岩机实施了改装,卸料槽、中间槽、簸箕口均减小坡度 10°~15°,耙斗插入角调为 75°,并加强了防滑设施。经在井下实际使用,效果不理想。故建议研制使用箱型耙斗,并使其重心后移。

耙斗装岩机虽有许多优点,但其体积大,钢丝绳、滑轮、槽子的磨损比较厉害;有时钢丝绳相碰,或钢丝绳与硬岩摩擦,会产生火花,难以在瓦斯较大的矿井推广使用;其体积大,移动比较费工费时;应用在涌水大、岩石软的斜井施工中,容易搅成泥浆,影响装岩效率。同时,最突出的问题是,使用把外装岩机,凿岩抬车无法下井,凿岩不能实现全机械化。这些问题有待于进一步解决。

第二节 其它类型斜井装岩机简介

一、侧卸装岩机

由长沙矿冶研究院和马鞍山矿山研究院共同设计,南昌通用机械厂加工生产的 146 型侧卸装岩机的总装示意图见图 8-3-3,该机由工作机构、行走机构、控制与管路系统、绞车等部分组成。工作机构由铲斗、铲斗大臂、油缸等组成。两个水平油缸控制大臂和铲斗的抬起与放下,大臂上的一个油缸控制铲斗的倾卸与复位。装岩机的动力源为压缩空气,由控制系统分配到各管路。行走机构为履带式。为使装岩机能在 18°以上的斜井中工作,机尾设有牵引绞车一台,工作时,将绞车上的钢丝绳固定在距工作面 20m 左右的钢桩上,以防止装岩机跑偏。

装岩时,首先放下铲斗,插入岩堆,铲取岩石后,抬起大臂,并用履带行走,辅以绞车牵引向斜井上方后退,待装岩机与箕斗靠拢后,大臂上的油缸使铲斗倾侧卸载,然后铲斗复位,重新驶向岩堆。

146 型侧卸装岩机的技术特征如下:

生产率	25m ³ /h
铲斗容积	0.24m ³

最大卸载高度	800mm
机体最大宽度	1000mm
铲斗最大宽度	1200mm
铲斗扬起最大高度	2000mm

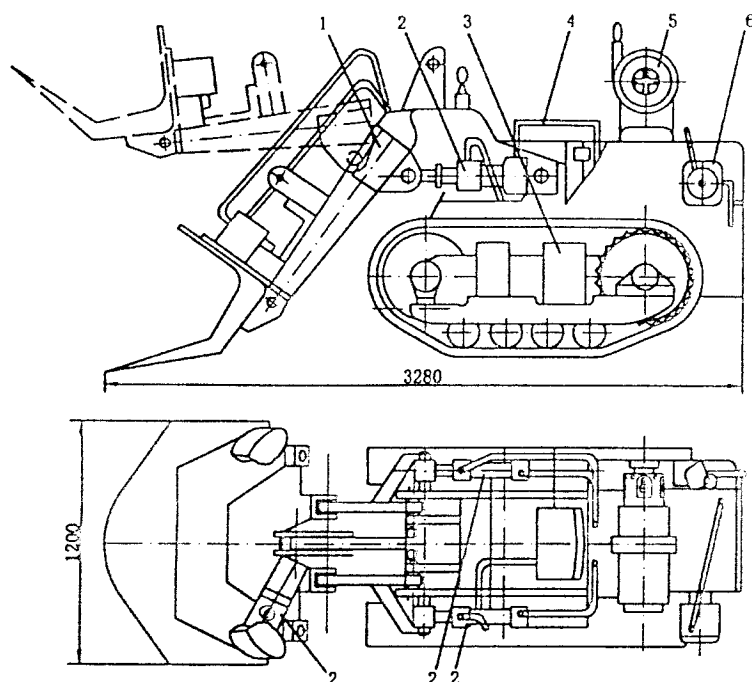


图 8-3-3 146 型侧卸式装岩机总装示意图

1—工作机构 2—油缸 3—行走机构；
4—管路系统 5—风动绞车 6—导气控制系统

铲斗最大倾角	58°
爬坡能力：	使用绞车 30° ,不使用绞车 18°
行走速度	2.5km/h
总功率	54.5 马力
行走功率	24 马力
油泵功率	20 马力
绞车功率	10.5 马力
外形尺寸	3280mm × 1200mm × 1430mm
总重	4433kg

该机于 1972 年在遵义“ 711 ”矿 30°斜井中进行初步试验 ,3 ~ 4 铲可装满一个 0.6m³ 的箕斗 ,需时 2min。装岩过程中前后移动距离 4 ~ 5m ,配备一台 20m³/min 容量的压风机 ,风压为 0.65MPa。风量为 10m³/min 时 ,仍能工作。

国产 ZC - 1 型、ZC - 2 型侧卸装岩机也可用于倾角小于 14°的斜井。与一般后卸式铲斗装岩机相比 ,侧卸式卸载高度适中 ,卸载距离短 ,装岩效率高 ,而且动力消耗少。与耙斗装岩机相比 ,其装载比较灵活 ,可以装载大于 800mm 的大块矸石。侧卸式装岩机还可以作铲掘动作 ,可以用来铲平底板 ,克服耙斗装岩机清底速度慢的缺点 ,铲斗抬高可停在某一高度 ,能兼作架设支架的脚手架。

从国外看 ,目前日本、英国、德国使用的比较多。侧卸式装岩机在德国使用普遍 ,占装载机械总数的 68.9% ,其 s 型侧卸式装岩机 ,可配换不同容积铲斗 ,铲斗臂能伸能缩和回转 ,装岩时机体不必移动 ,铲斗铲入力强。s 型侧卸式装岩机技术特征如下 :

铲斗容积	0.6 ~ 1.25m ³
装载能力(最大)	120m ³ /时
铲入力	90kN
铲斗左右回转角度	各 20°
履带宽	350mm
行走速度(最大)	33.3m/min
适用坡度	20°
原动机功率 :	
电动机	40kW
风动马达	50 马力
油泵压力	20MPa
油泵流量	120L/min
机器总重	12t

德国产 2s 型侧卸式装岩机 ,装有 2 个铲斗 ,它们之间装有链板运输机。每个铲斗容积与 s 型相同 ,铲入力为 100kN ,装岩能力高达 200m³/h ,适用于 14m² 以上大断面斜井施工。

英国埃姆科 623H 型、625H 型、632H 型侧卸装岩机都能用于斜井 ,当后部安设小绞车后 ,可使用倾角 25 ~ 40°的井筒。

日本产 ME632H 型斜井侧卸式装岩机 ,在日本斜井施工中应用广泛 ,可在 30°以内的斜井中使用 ,是南大夕张煤矿四个斜井实现快速施工的主要机械。其结构特点是 ,在司

机座的后面增设了一台用风动马达驱动的绞车,缠在绞车滚筒上的钢丝绳的另一端,固定在机后轨道上。ME632H 型侧卸式装岩机技术特征:

铲斗容积	0.6m^3
行走部马达功率	19 马力 $\times 2$
铲斗马达功率	19 马力 $\times 1$
液压泵流量(1200r/min)	98.5L/main
液压控制阀	3 位 4 通
液压缸:	
铲斗升降缸	2 个
铲斗侧转缸	1 个
铲斗反转缸	1 个
油压	9MPa
风管直径	50.8mm
耗风量(峰值)	$14 \sim 21\text{m}^3/\text{min}$
使用风压	$0.5 \sim 0.7\text{MPa}$
外形尺寸(铲斗放下时):	
长 \times 宽 \times 高	3860mm \times 1880mm \times 1530mm
适用井筒倾角	30°以内
牵引绞车	AH-45-AB 型
提升风马达	18 马力(0.5MPa)
滚筒直径	300mm
纲丝绳尺寸	$\phi 16 \times 50\text{m}$
机器总重	6600kg

二、斜井掘进中使用的抓岩机

在倾角较大的斜井掘进中,使用抓岩机是一种值得注意的趋向。从 50 年代起,澳大利亚、加拿大、南非(阿扎尼亚)、美国、前苏联等国都曾采用不同类型的抓岩机进行斜井装岩工作。图 8-3-4 是澳大利亚使用的一种能沿顶板轨道移动的瓣式抓岩机。1956 年以来,已用这种设备开凿了倾角 $24^\circ \sim 40^\circ$ 、4000 多米长的斜井。

图 8-3-5 是目前北美使用的克赖德门抓岩机,目前约有 50 台。美国曾用它掘进倾角 45° 和 55° 的斜井,获得比较好的效果。该机由一个用角钢制成的笼栅将机器后部围

住。机器本身装有七个远距离控制的压风缸,工作时用四个压风缸操纵能向四面摆动的伸缩臂,臂的伸长距离 4.5m,臂全长 9.6m。臂的末端有双叶抓斗(或铲斗),抓斗的开闭由两个压风缸操纵,抓斗容积为 0.4m^3 。操纵台后面有一台绞车,用以牵引抓岩机。

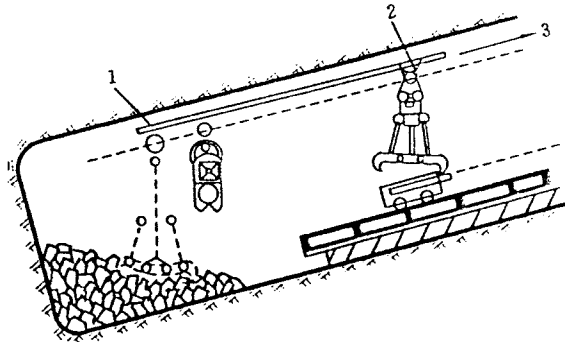


图 8-3-4 瓣式抓岩机工作示意图

1—导轨 2—起重装置 3—至抓斗绞车

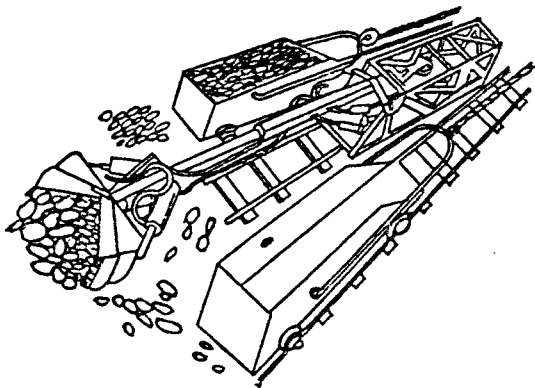


图 8-3-5 克赖德门型抓岩机示意图

三、斜井掘进中使用的铲运机

目前国外斜井掘进中使用一种铲斗本身兼做车箱且能自行的柴油铲运机,性能较好。这类机器的铲斗在前边,兼做车箱,铲斗装满,运到卸载地点后,再由前边卸载。

这类装岩机的特点是:铲斗大,功率大,生产效率高,行驶速度快,车身矮,重心低,稳定性好,全液压操纵。

在国外,这种类型的铲运机发展很快,例如美国瓦格纳公司生产的 MS 和 ST 系列、艾姆科公司生产的 900 系列、瑞典 LD 型等都属此类。美国朋寇山铅锌矿 1970~1971 年掘进一条 $2.4\text{m} \times 2.6\text{m}$ 、倾角 15° 的斜坡道,就是采用的艾姆科 911 型铲运机,配以气动凿岩台车,3 个人曾在 5.5h 掘进了 4.9m(包括安装 40 根锚杆)。

第四章 提升及排矸

斜井掘进的装岩工作实现机械化之后,提升与排矸系统就会成为快速施工中的关键环节,目前我国斜井施工广泛采用矿车和箕斗提升方式。

实践证明,采用矿车提升存在一系列弱点:由于受装岩工作的限制,每次提升的车数不能太多,一般是1~2个;受地面卸载机械化程度的影响,矿车的容积不能太大;需要进行地面调车,提升休止时间长,经常摘挂钩,容易发生跑车,不利安全。

井筒较浅,提升距离在200m以内时,可采用矿车提升,以简化井口的临时设施。矿车提升井口线路布置方式,与斜井生产提升的串车相似,亦分甩车场与平车场线路布置两种,但其布置尺寸可大大缩小。若所掘井筒为生产时的串车提升井,施工时应尽量利用永久提升设备,其井口提升布置亦可采用永久线路尺寸。

斜井井筒施工应用箕斗提升,与矿车提升相比较,节省了摘钩、挂钩、甩车等辅助时间,具有装载高度低、提升联接装置安全可靠、卸载方便等优点。使用大容量箕斗,能有效地增大提升能力,配合机械化装岩,提高出矸效率。在开凿断面较大、较深的斜井时,采用箕斗提升,效果更为显著。

第一节 箕斗提升排矸

1958年,大同、淮南、阳泉等矿区开始使用 $2\sim 2.5\text{m}^3$ 前卸式箕斗;1960年,鸡西、鹤岗等矿区开始使用 1.2m^3 后卸式箕斗;1969年峰峰矿区开始使用无卸载轮前卸式箕斗,

随之在湖南、铜川、阳泉等矿区快速施工中得到广泛应用,其容积发展为 $2 \sim 6\text{m}^3$ 。80 ~ 90 年代大同矿区将前卸式箕斗容积加大为 $5 \sim 8\text{m}^3$,以适应大断面斜井快速施工。近年来,华亭矿区开始试用密封闸门型后卸式箕斗。

一、后卸式箕斗

如图 8-4-1 所示,其特点是卸载扇形闸门在后部,闸门上设有卸载轮,其卸载轨略大于正常轨轨距。在卸载地点,正常轨下降为曲轨,卸载轨为直轨。卸载时,后行走轮在曲轨上下降,使闸门相对打开。为使卸载集中,设有倾卸轮。

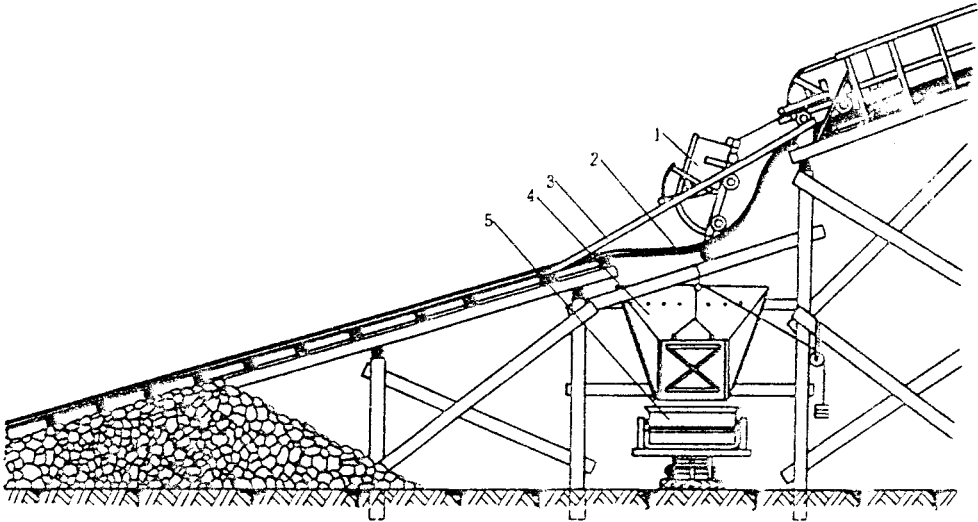


图 8-4-1 后卸式箕斗卸载示意图

1—箕斗 2—曲轨 3—卸载轨 4—卸矸溜槽 5—矿车

后卸式箕斗卸载方便,卸载架结构简单,箕斗容积小时还可串车提升。其主要缺点是不能兼作提升排水。

二、前卸式箕斗

如图 8-4-2 所示,前卸式箕斗特点是卸载门在前端,闸门与牵引框连在一起。卸载时,后轮抬高斗身前倾,闸门随之打开。后轮为双踏面轮,外踏面为卸载轮,后轮进入逐渐升高的卸载轨时,使斗身前倾卸载。

前卸式箕斗结构简单,能兼提升排水。其缺点是箕斗卸载时需较大翻转力矩,使卸载时牵引力为提升时的 1.5 倍以上。

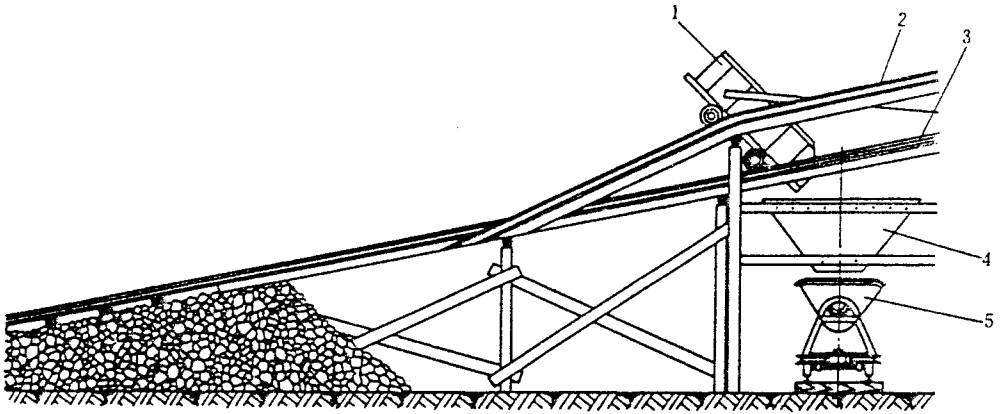


图 8-4-2 前卸式箕斗卸载示意图

1—箕斗 2—曲轨 3—正常轨 4—溜槽 5—矿车

三、无卸载轮前卸式箕斗

无卸载轮前卸式箕斗卸载时,斗身前倾是利用翻转架,将其设在运行轨道尽端,斗身翻转力矩仍来自牵引框的牵引力。在牵引框前端左右设有一对小导向轮,箕斗卸载时,导向轮进入导向架,使牵引框具有较大力臂。

其优点是卸载快,没有凸出斗身两侧的卸载轮,运行安全性好。其缺点:由于卸载时,箕斗卡在翻转架上不能前移,又需靠自重复位,卸载翻转角受到限制,使其距离很小。而卸载前牵引力猛增,卸载后又突然降为零,使提升机操作难以准确控制不过卷,故其卸载安全性差。箕斗容积越大,其缺点越突出。

四、密封闸门型后卸式箕斗

由原西安矿业学院新研制的 MF 型后卸式箕斗,保留了后卸式箕斗卸载装置简单、卸载安全等优点,对闸门结构革新设计。卸载闸门具有开启省力,关闭密封性好等特点,能兼做提升排水。与前卸式箕斗比较,由于卸载时提升机牵引力不需增加,可选用较小型号提升机。例如原选用 JK-2.5/4 型,则可改为 JK2.0/20 型,电机功率从 394kW 降为 256kW,耗电量节省 35%。

五、箕斗类型选择

前卸式及无卸载轮前卸式箕斗,均能利用箕斗排水,适用于井筒倾角较小($< 25^\circ$)时施工用。后者过卷距离短,不宜增大容积,一般为 $2 \sim 3 \text{ m}^3$ 。使用中需加设过卷信号装置

和改导向架轨面为曲线以适应导向轮运行轨道。

后卸式及密封闸门后卸式箕斗,用于大倾角($>25^\circ$)井筒提升更能显示其卸载方便,卸载牵引力小的优点。当需要提升排水时,需选用后者。

为保证箕斗提升运行安全和快速卸载,应注意轨道铺设质量,大容积箕斗选用重型轨道,使用工业电视监视箕斗卸载。

提升方式可以分为单钩、二套单钩,并与斜井掘进宽度及耙斗机同时工作台数相配合,一般采用一台耙斗机适应性强,能够充分发挥其生产率,管理简单、施工安全性好。

随着耙斗机生产率提高和井筒深度的加大,箕斗容积从 $1.2\sim 2.5\text{m}^3$ 增加为 3m^3 、 4m^3 、 6m^3 、 8m^3 。大容积箕斗适应了大深度、大断面斜井快速施工,但应与耙斗机生产率相配套,才能充分发挥装岩、提升综合能力。

第二节 矸石仓

由于提升矸石的不均匀性和排矸运输的不连续性,需要有一定容积的矸石仓,以缓解矸石的转运,确保井下掘进工作面不间断施工。储矸仓类型很多,按位置有地面与井下之分,按容积分大、中、小型,结构上分木结构、钢结构、砖石及砼结构等。实践证明,采用普通矿车排矸时,设置容积 $4\sim 6\text{m}^3$ 的简易木结构储矸仓,即能满足施工要求;当采用大型底卸式矿车排矸时,可采用料石砌筑的双卸载口矸石仓,其容量可为 $6\sim 10\text{m}^3$;当采用自翻汽车远距离排矸并考虑两班排矸作业时,储矸仓可用圆筒状,容积可取 $20\sim 40\text{m}^3$,主要用料石砌筑并用钢筋砼圈梁加固。上述各种储矸仓,底部均为钢板铺底滑坡形式。采用箕斗排矸时,视箕斗容积不同,矸石仓容积可选 $10\sim 40\text{m}^3$,并采用钢结构。据统计在一般排矸运输能力条件下,装提综合能力(m^3/h)与矸石仓容积(m^3)比例关系,一般为 $1:0.6\sim 0.85$ 。

矸石仓连同栈桥,过去多为砖石结构,现发展为装配式钢结构。这样,结构紧凑,组装方便,能多次复用。装配式矸石仓如图8-4-3所示。为适用于各种不同斜井施工条件,此种矸石仓高度可以调整,高度即卸载平台高度为 8m 、 7.5m 、 7m 、 6.5m 、 5.5m 。矸石仓容积则为 40m^3 、 32m^3 、 24m^3 、 16m^3 ,单面或双面排矸,用自卸汽车或矿车运输均可。

可以适当缩小。尤其是提升机位置较高时,天轮的作用类似于托绳轮,可采用较小直径的天轮。

天轮架设的高度,理论上应使钢丝绳对于提升容器的牵引力与轨道平行,但考虑到提升钢丝绳的挠度,天轮处钢丝绳距轨面的高度应大于箕斗与钢丝绳联接处距钢轨的高度。对于前卸式箕斗,提升天轮应略高一些,以便于卸载,但过高会使箕斗闸门关闭不严,一般使天轮处钢丝绳距正常轨道的高度较联接处高出 $100 \sim 200\text{mm}$ 即可。天轮距箕斗卸载处即矸石仓中心线之距离,以近些为宜,常取 $6 \sim 7\text{m}$ 。

提升机与天轮的距离,应符合有关出绳仰角及水平绳偏角的规定。当施工非提升井,井口位置又利用山沟地形时,井口可能没有足够的施工场地。为了满足出绳角要求,提升机可设置在位置较高的山坡上,若水平距离不足时,可将天轮改为游轮方式,即天轮能左右滑动。当箕斗提升至卸载位置时,天轮、提升钢丝绳应与轨道中线重合,这样既能避免较大的水平绳偏角,同时还能满足提升、卸载要求。天轮采取游轮方式可以缩小提升机与天轮之间的距离,一般有 $10 \sim 15\text{m}$ 就能满足施工要求。

储矸仓与井口之间距,与井口轨道坡度、储矸仓容量及高度、排矸方式以及井口地形有关。当井筒倾角在 15° 左右时,井口轨道坡度常与井筒倾角一致;井筒倾角大于 20° 或小于 10° 时,为了便于卸载,井口轨道仍采用 15° 左右。若地形条件许可,应尽量将排矸线路与井口运输轨道设计在同一标高上。此时,储矸仓与井口之间距常为 $20 \sim 30\text{m}$ 。

天轮架(或称斜井井架)高度通常小于 15m ,其受力大小,除与箕斗容量有关外,主要取决于提升机出绳仰角。当仰角小于 15° 时,天轮架受力较小,所用材料尺寸,主要根据结构要求来决定。若出绳仰角较大,天轮架受力较大时,其结构应仿效立井掘进小井架进行设计。

排矸常采用环形车场以利于调车。若场地有限采用尽头式车场时,要有足够的空车线。排矸线可根据井口地形,如沿沟铺设等,用 V 型矿车排矸。若矿井附近地形平坦,采用矸石山排矸时,可采用串车提升,多车同时排矸,以满足快速施工要求。图 8-4-4 为铜川下石节平硐二采区斜井创新时的提升及排矸系统布置图,其提升、排矸能力达到每小时 28m^3 ,满足了快速施工的要求。

施工暗斜井时,提升及排矸系统都没在井下,此时,为了减少临时工程量,应尽量利用生产硐室及巷道。如果已有永久提升机硐室,则只需要再开凿储矸仓,在其下掘一段排矸巷道与井下运输相接。

第五章 支 护

斜井倾角大于 45° 时 ,支护作业与立井基本相似 ,小于 15° 时 ,则支护施工基本与平巷相同。斜井支护正因其具有一定倾角 ,便有自身的特点。目前 ,斜井支护的主要方式为锚喷支护 ,其次为现浇砼和料石砌碇。料石砌碇有被淘汰的趋势。

第一节 料石砌碇

此种支护方式 70 年代以前曾被普遍使用。70 年代锚喷支护和现浇砼支护逐渐取而代之。但西南、西北的一些矿区仍在使用 ,如于 80 年代末初具规模的达竹矿务局各矿井基本上都采用了料石砌碇的支护方式。川煤六处在施工料石砌碇斜井过程中积累了丰富的经验 ,断面 18m^2 的井筒曾取得连续月进 80m 的较好成绩。

该种支护形式的缺点是掘支平行作业难度大 ,支护体封闭性差 ,支护作业劳动强度大。

第二节 现浇砼支护

该种支护方式目前占有一定比例。井筒围岩软弱、稳定性很差或涌水大等情况下多

用现浇砼支护。

现浇砼支护目前的施工工艺难于实现掘支平行作业 ,同时 ,下料、模板结构及工作面砼入模等问题至目前仍未解决好 ,支护成本也较高。应研究泵送砼施工工艺和斜井用液压滑模。

第三节 锚喷支护

锚喷支护发展成为斜井筒支护的基本形式。它不仅能用于较为破碎的硬岩 ,还能使斜井顺利通过松软的泥岩地层。

掘进较稳定的岩层时 ,常采用喷射砼作为永久支护 ,并先薄喷一层砼作临时支护 ,掘进稳定性较差的岩层时 ,则多以锚杆与喷射砼联合支护作为永久支护 ,并先薄喷一层砼和锚杆作临时支护。锚喷支护可使永久支护和临时支护统一起来 ,缩短了围岩暴露时间 ,简化了施工工序 ,为快速施工创造了条件。

锚喷支护已普遍推广应用 ,多年来使用情况良好 ,表 8 - 5 - 1 为斜井工程中使用锚喷支护的部分实例。

表 8 - 5 - 1 斜井锚喷支护部分实例

工程名称	净断面积 (净跨度)	地质条件	支护结构型式	施工时间 (年)	备 注
湖南花萼里主、副斜井	7.8m ² 6.5m ² 3.4m 2.6m	大冶灰岩 ,层理、节理不发育 ,岩层较稳定 ,无水 , $f = 8 \sim 10$	上段喷浆 50 ~ 80mm , 下段喷射砼 50 ~ 80mm	1971	全长 485m
湖南石坝矿主、副斜井	7.8m ² 3.4m	同上	采用喷射混凝土支护 ,厚 80 ~ 100mm	1972	全长 814m
湖南利民矿三号斜风井	5.3m ² 2.6m	石澄子灰岩 ,岩石较硬 , $f = 8$ 以上 ,整体性较强 , 局部有方解石脉 ,夹有薄层泥岩	喷射砼支护 ,厚 50mm 左右 , 断层地带厚 80 ~ 100mm	1972	全长 616m ,全部采用喷射混凝土支护 ,包括甩车场交岔
南京钟山矿主、副斜井	4.4m	砂岩	局部采用喷射混凝土支护厚 100 ~ 150mm	1970	—

工程名称	净断面积 (净跨度)	地质条件	支护结构型式	施工时间 (年)	备 注
湖南湖坪矿斜井	5 ~ 8m ²	大冶灰岩 $f = 6 \sim 8$	喷 混 凝 土 , 厚 50 ~ 100mm	1971	—
内蒙乌达五虎山主斜井	14.8m ²	灰白色粗砂岩 $f = 4 \sim 6$	锚杆、喷射砼 ,厚 50mm	1960	—
陕西韩城桑树坪矿斜井	7.4m ²	砂岩、砂质、页岩	锚杆喷浆支护 ,钢绳砂浆锚杆 ,倒楔锚杆	1972	—
陕西韩城象山矿排矸斜井	10.5m ² (3.6m)	奥陶纪石灰岩 $f = 8$,层理、节理、裂隙发育 ,有涌水	喷射混凝土厚 100mm	1975	全长 460m 倾角 22°
铜川下石节平硐副井 ,皮带斜井	7.4m ²	砂岩、页岩、泥岩 $f = 3 \sim 6$	喷射砼 ,厚 100mm ,局部增加压缩木锚杆	1973 ~ 1974	—
铜川陈家山平硐四采区人行斜井	7.84m ² (3.2m)	砂质泥岩、灰砂岩 $f = 4$,厚层状砂岩 $f = 4 \sim 8$,薄层砂岩 $f = 5$,厚层状灰绿色砂岩 , $f = 6$	喷射砼 ,100mm ,局部加金属倒楔式杆	1974	井筒全长近千米 ,倾角 18°

第四节 喷射砼施工设备布置

斜井井筒中喷射砼施工 ,与一般巷道中施工不同。斜井喷射砼施工设备常采取集中与固定式布置 ,从而形成远距离管路输料的系统。

斜井采用喷射砼施工早期 ,也曾采用类似平巷施工的设备布置方式。干拌合料在井口经筛选搅拌后 ,用矿车送到井下喷射机处 ,喷射机随着喷射工作面的推进而向前移动。这种设备布置方式的优点是喷射机司机和喷射手之间联系方便 ,能避免和及时发现堵管事故 ,事故处理也较简单。但也存在许多不利因素 ,如 :喷射机设在井筒里 ,占用井筒断面及空间很大 ,影响了井筒其它设备的布置 ,不利于掘进与喷射砼支护平行作业 ;目前使用的喷射机体积和重量均较大 ,移动不便 ,上料空间也受到限制 ,不利于机械上料 ;井筒内上料时 ,产生粉尘较大 ;干拌合料向井下运送占用提升容器 ,费时 ,不能满足斜井快速施工要求。所以 ,目前斜井施工一般已不采用上述方式。

目前施工中砼喷射站常布置在斜井井口附近。布置时 ,应尽量利用地形 ,使堆放大宗砂、石、水泥的地点应便于其存放和进料 ,也便于往搅拌机送料 ,拌合料又能及时送入

喷射机。

喷射砼支护的水泥常采用硅酸盐水泥,砂、石筛选后粒度不得大于 20mm,含泥量要求不大于 3%~5%,含水率约为 5%。水泥、砂、石子体积比常采用 1:1.5~2:2~2.5。速凝剂常以红星一型为标准,其用量不大于水泥重量的 3%~4%。搅拌机常用移动式强制型砼搅拌机,其自身带有上料斗。喷射机过去常选用 WG 型,目前一般选用转子型。快速施工中常采取双机双喷方式,即在井筒两侧各铺设一趟输料管路,交替使用,以便检修,并可分别喷射两帮。井口设置的两台喷射机,最好分设在井口两侧。

喷射机安置在井口,简化了井下工作面布置,减少了提升运输供料的环节,在断面较小的井筒内,为实行掘进与喷射砼平行作业创造了良好条件,有利于一次成井。另外,搅拌机、喷射机都布置在井口,能采用大型机械设备,操作方便,有利于快速施工。

暗斜井或上、下山施工时,亦可将搅拌机与喷射机设在井下硐室内。利民矿三号斜风井为暗斜井,在其上部车场开凿搅拌机和喷射机硐室。砂、石、水泥用 V 型料车自地面运至设备硐室上方,搅拌机拌合后,利用高差由溜槽进入喷射机。

第五节 管道输料喷射砼施工技术分析

斜井井筒喷射砼支护的实施的布置,所以必须采用远距离管路输料。

多年实践证明,远距离管路运输喷砼支护施工,是一项行之有效的先进技术,对加快施工速度非常有利。它具有施工速度快、工效高、经济合理、安全可靠、机械化程度高、能减轻工人劳动强度等一系列优点。陕西铜川基建公司二处、四处,在斜井坡度为 12.5° ~ 19° 的砂岩、页岩和泥岩中,湖南基建公司三处在斜井坡度 21° 左右的石灰岩中施工,斜井支护采用远距离管路输料喷射砼施工,都收到了良好的效果。

一、远距离管路输送砼

远距离管路输送砼施工,输料长短,主要与喷射机的形式、输料管径、管路铺设质量及联接方式、喷射机及管路维修养护的好坏程度、喷射工人的操作技术水平和喷射机风压大小等因素有关。铜川基建公司二处在斜井施工中对管路输料工艺、输料距离、风压、管路磨损与缓冲等问题作了研究和测试,最长输料距离达到 800m。通化矿务局在学习铜川二处经验的基础上,输料距离达到 1013m。90 年代,甘肃煤建二公司在施工华亭矿

区陈家沟矿时 ,距离达到 1110m。我国远距离管路输料砼施工实例见表 8－5－2。

表 8－5－2 国内斜井远距离管路输料喷射施工实例

单位	施工地点	倾角	喷射机 型号	输料管径 (mm)	砼配 合比	输料距 离(m)	喷射机出口 压力(MPa)
铜川二处	下石节矿暗斜井	16.5°	WG－25	52.5	1:2:2	800	0.51
铜川二处	下石节二采区风井	14°47′～19°	WG－25	52.5	1:2:2	780	0.48
通化局	通明矿斜井	20°	WG－25	52.5	1:2:2	1031	0.50
大同局	某矿二风井	25°	WG－25	52.5	1:2:2	750	0.32
湖南三处	利民矿斜风井	21°31′～23°15′	WG－25	52.5	1:2:2	475	0.37
湖南五处	湖平矿斜井	30°	WG－25	52.5	1:2:2	600	0.40
铜川四处	陈家山矿斜风井	12.5°	WG－25	52.5	1:2:2	622	0.63
宁夏基建公 司	汝箕沟矿一采轨上	13°	WG－25	52.5	1:2:2	500	0.32
甘煤建二公 司	陈家沟矿	25°	ZP－Ⅱ	52.5	1:2:2	1110	0.50

管路输料 ,风压沿管路有损失。损失值的大小 ,主要与输料管径、管壁光滑程度、斜井倾角、砼配合比、输料距离、管路联接方式及铺设质量等因素有关。在管路材质及光滑程度、管径、坡度及砼配合比相同的情况下 ,输料管路风压损失主要与输料距离、喷射机出口风压及喷头出口风压等有关。铜川二处在斜井施工中 ,对全管路不同输料距离与风压之间的关系等有关参数作了测定 ,实测结果见表 8－5－3。

表 8－5－3 斜井远距离管路输料平均百米风压损失

辅料距离 (m)	坡度 (°)	管径 (mm)	喷射机工作 风压 P_f (MPa)	喷头工作 风压 P_h (MPa)	全管路绝对 风压损失 P (MPa)	平均百米风压 损失 ΔP (MPa)
330	16.5	52.5	0.36	0.06	0.30	0.091
490	16.5	52.5	0.45	0.08	0.37	0.075
772	16.5	52.5	0.51	0.085	0.425	0.055

全线段输料管路绝对风压损失 ,即为喷射机工作风压与喷头工作风压之差值 ,也就是为克服输料管阻力所需要的风压 ,用平均百米风压损失表示 ,其表达式为：

$$\Delta P = P / L$$

(8－5－1)

$$P = P_j - P_t \quad (8-5-2)$$

式中 ΔP ——平均百米风压损失, MPa;

P ——全管路绝对风压损失, MPa;

P_j ——喷射机出口工作风压, MPa;

P_t ——喷头工作压力, MPa;

L ——斜井输料管路长度, m。

由表 8-5-1 实测数据, 经过公式计算后, 可以得出如下结论: 全线段绝对风压损失 P 值随输料距离的增加而增大, 喷射机绝对风压损失与输料距离之间从理论上讲是直线关系, 但因接头铺设好坏、直度等的影响而实际上是曲线关系; 平均百米风压损失 ΔP 值随输料距离的增加而减小。通化和大同等地斜井喷射施工实测资料, 也同样反映出这一规律(图 8-5-1、图 8-5-2)。

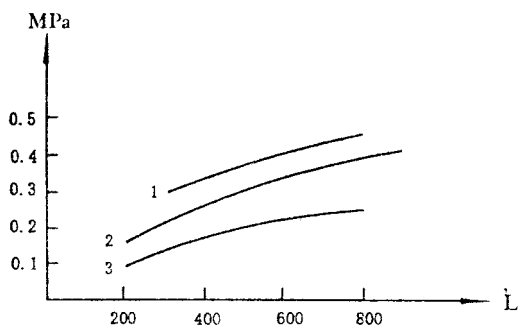


图 8-5-1 输料绝对风压损失图

1—16.5° 2—20° 3—25°

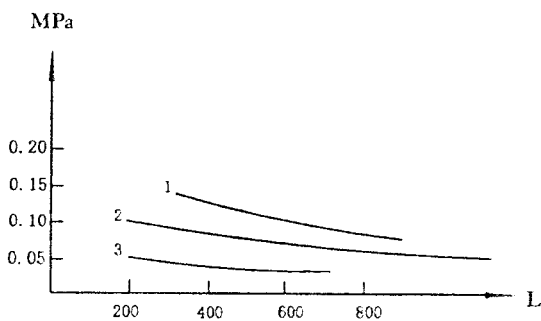


图 8-5-2 平均百米风压损失图

1—16.5° 2—20° 3—25°

根据铜川、通化及大同等地斜井管路输料实测资料分析 ,输料坡度不同 ,在垂高变化相同的情况下对比说明 :喷射机绝对风压损失随垂高下降而增大 ;在 0 ~ 100m 垂高范围内 ,输料管路的坡度对喷射机绝对风压损失影响较大 ,坡度越小 ,绝对风压损失越大 ,反之越小 ;垂高降在 - 100 ~ - 300m 范围内 ,斜井坡度的变化 ,对绝对风压损失影响较小 ,见表 8 - 5 - 4 及图 8 - 5 - 3。如铜川和通化资料对比 :斜井输料垂高由零点下降至 - 100m ,垂高下降 100m ,其相对垂高风压损失分别为 0.3MPa 和 0.22MPa ,坡度 16.5°较 20°的风压损失大 0.85MPa ,约大 38.6% ,输料垂高由 - 100m 降至 - 200m ,相对百米垂高压损失基本相近似。

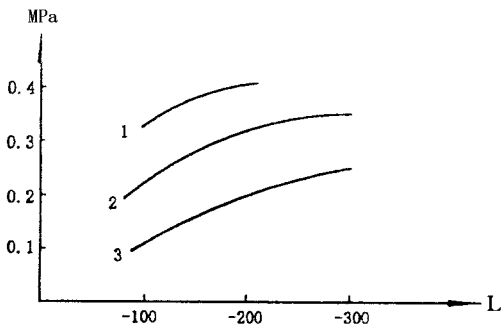


图 8 - 5 - 3 相对百米垂高降绝对风压损失图
1—16.5° 2—20° 3—25°

斜井坡度对喷射机绝对风压损失的影响还存在如下规律 :坡度为 16° ~ 25°之间 ,输料距离为 800m 之内 ,在两斜井输料距离相同情况下 ,坡度每增减一度 ,喷射机绝对风压损失约降低或增加 0.02MPa。

二、喷头工作压力及喷头压力系数

表 8 - 5 - 4 坡度与绝对风压损失比较

斜井长度 (m)	绝对风压损失 (MPa)			斜井坡度每增加一度 , 输料管路绝对风压平均 损失差 (MPa) 16.5° ~ 25°
	16.5°	20°	25°	
400	0.335	0.27	0.17	0.019
500	0.37	0.31	0.19	0.021
600	0.40	0.34	0.22	0.021

斜井长度 (m)	绝对风压损失(MPa)			斜井坡度每增加一度, 输料管路绝对风压平均 损失差(MPa) 16.5° ~ 25°
	16.5°	20°	25°	
700	0.415	0.365	0.35	0.019
平均				0.020

(一) 喷头工作压力

远距离管路输料喷射砼施工,喷头工作压力是否合适,对喷射质量、回弹及粉尘等有很大影响。铜川二处对喷头工作压力作了测定。测定的方法很简单,在喷头后部管路约25m处安设一压力表即可。施工实践说明:喷头工作风压小于0.04MPa时,砼料束喷出后,呈抛物线形状,且出现离析,砼落地量大、喷射质量差、管路易堵塞;喷头工作风压大于0.11MPa时,喷射粉尘及回弹也大(据现场实测粉尘浓度在80mg/m³以上,回弹率达30%以上),不利操作;喷头距岩帮控制在0.8m左右,喷头可工作风压控制在0.06~0.08MPa时,喷射粉尘小,回弹小,喷射效果好。我们把这个压力称做“喷头合理工作压力”或称做“喷头正常工作压力”。

(二) 喷头压力系数

工作面喷射砼施工时,喷头工作压力与喷头空载压力间的比值谓之“喷头压力系数”,用 K 表示,其关系式如下:

$$P_g = K \cdot P_K \quad (8-5-3)$$

式中 P_g ——喷头工作风压,MPa;

P_K ——喷头空载风压,MPa;

K ——喷头工作压力系数。

喷头压力系数值 K 对喷射施工很有意义。经铜川二处施工时实测, K 的取值在5左右较合适。施工时,依据喷头空载、工作压力与 K 值三者之间的关系,随着斜井掘进工作面的延深,喷射输料管路也相应加长,在喷头附近管路上安设压力表,以讯号与井上联系,调整喷射机空载风压,使喷头空载风压控制在0.015~0.02MPa之间。这样,在正常喷射施工时,喷头工作压力就能保持在0.06~0.08MPa之间,可确保喷射施工的正常进行。

三、喷头拢料管、缓冲器、堵管信号模拟盘

(一) 喷头拢料管

喷射施工中的粉尘及回弹的大小,喷射质量的好坏,与喷头型式及料束运行状态关

系甚大。料束运行状态及速度,与喷射机的风压、风速、风量等因素有关,加强这方面的研究工作,对喷射施工是很有意义的。在喷头部位加设拢料管,可以减小粉尘及回弹,提高喷射质量。喷头拢料管起两个作用:可使拌料与水汇合后,经在拢料管中运行,起到均匀搅拌的作用;拢料管出口距岩帮的距离较小,料束比较集中,砼喷出后与岩帮易粘结,从而减少了回弹和粉尘。当拢料管长 700~800mm,出口距岩帮 200~300mm,喷射面较以前小 13~16 倍,效果较好。

铜川二处在斜井喷射施工中,使用过胶皮、铝和塑料等三种材质的拢料管,以铝质及塑料管效果好。

采用直径 60mm 的废旧铝质钻架做拢料管或同等直径内壁经机加工后较光滑的铝管效果较好。施工中对 500~1300mm 不同长度的铝质拢料管分别做了试验证明,拢料管长 700~800mm 的效果最佳。拢料管过长,重最大,阻力大,砼料束在管路中易沉淀、粘结、堵管,否则需要加大风压,反而又增大了喷射回弹。采用相同直径和长度的塑料管,仍具有铝管的作用,而且重量轻,能减轻操作人员的劳动强度。

蒲白矿务局建井处采用塑料螺旋拢料管喷射效果也较理想。此种拢料管内壁有螺旋线刻槽,喷出前拌和料和水在其内旋转运动起到了进一步搅拌、混合的作用。

施工中,对降低粉尘和回弹问题,可采取三项主要措施:一是喷头加设 800mm 长度的铝质或塑料拢料管,提高喷射物的湿化效果,减小喷射扩散面;二是提高喷射手的操作水平,合理掌握喷头工作压力,严格喷射岗位责任制,按操作程序施工,避免因误操作造成粉尘过大;三是混合料子加水,并使砂子的含水率控制在 6%~7% 范围,经施工测定,喷射粉尘在喷头附近,由原来的约 $85\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $12\text{mg}/\text{m}^3$ 左右,回弹由 30% 降至 11%~15%。

(二) 缓冲器

远距离管路输料,喷头连接胶管易被击穿,采用缓冲器,能保证喷射正常施工。

管路输料过程中,料束运行至喷头附近时,速度很大,输料钢管与喷头联接处的胶管,很快被石子击穿,迫使喷射中断,需重新维修处理。铜川二处在斜井施工中,当输料距离超过 400m 以后,因料束冲击力过大,在一个班中喷头输料胶管多次被击穿,维修量很大,最短的不到一小时就被击穿。施工中,对易被击穿的部位安设锰钢管缓冲器,效果较好经施工实践,可连续使用 5~7 天。

(三) 堵管信号模拟盘

远距离管路输料,发生堵管,很难检查,对施工影响较大。施工中,除了提高操作人

员的技术水平外,铜川二处自行设制出管路堵塞信号模拟盘,检查速度较以前提高 4~5 倍。信号模拟盘由指示器、导线、继电器三部分组成。模拟盘指示器设在喷射机操作台附近,每趟输料管路每隔 50~100m,安设一个压力继电器,每个继电器导线与模拟盘指示器相联。在正常况下,电控系统处于常开状态,发生堵管,在模拟盘上合闸,使接点闭合,模拟盘指示器即显示堵管位置,使用比较方便。

四、“双机喷射跟迎头”施工方法值得推广

喷射砼支护施工,可以采用单机喷射,也可以采用双机喷射。快速掘进,采用双机喷射更为有利。双机喷射跟迎头,是在地面井口安设三台喷射机,使用两台,备用一台,两趟输料管路,由喷射机出口,沿斜井底板两侧铺设至迎头,随掘进向前延深,两台喷枪紧跟耙斗机尾部,在巷道两侧前后错距约 3~4m,同时进行喷射。

双机喷射跟迎头具有以下优点:喷射施工能与打眼、装岩、提升等平行作业,喷射不占用循环时间,循环工时利用率高;喷枪和管路沿巷道两侧布置,喷射施工时,管路不跨越轨道,施工比较安全,掘进中,一台喷枪或管路发生故障时,另一台喷枪和管路仍可保证快速掘进正常进行,施工比较可靠;当工作面顶板比较破碎时,两台喷枪能在 5min 内可以从耙斗机尾部拉至迎头,在 15~20min 内能喷完一个循环的进尺,及时封闭围岩,控制住顶板的移动,施工比较灵活。

陕西铜川二处,在下石节矿斜井快速掘进中,穿过砂岩、砂页岩及泥岩,采用双机喷射跟迎头,实测两台喷枪在六小时内,喷射砼 14m^3 ,支护巷道 8~10m。

喷射砼施工,在硬岩中经验比较成熟,在软岩中,能否控制住围岩,关键的问题是能否合理的掌握住控顶距离和控顶时间之间的关系。铜川二处快速施工经验,砼的配合比为 1:2:2,实测水灰比为 0.48,砼的抗压强度为 15MPa,设计喷射厚度为 100~150mm,分两次喷射,能达到设计要求的支护厚度和强度。在砂岩、页岩或泥岩中喷射施工,围岩裸露距离越小,喷射速度越快,围岩愈容易控制,施工愈安全。在砂岩或页岩中实测,当控顶距离在 15~20m 范围,控顶时间可控制在 12~24h 内;在泥岩中,控顶距离在 2~6m 范围,控顶时间可控制在 6~12h,经施工实践证明,能保证施工安全。

第六章 施工组织与管理

第一节 施工准备

斜井开工前必须做好各项准备工作,重点在于井筒开工的基本条件。矿井建设的全面安排和筹备,可根据轻重缓急,在保证井筒开工后能连续施工的前提下,分期分批解决。筹备井筒开工,必须根据不同情况,抓紧时间,既不等待,也不草率,条件成熟,即破土开工。施工准备工作的主要内容:了解矿井总体部署和安排,抓紧设备订货;会审施工图纸,进一步了解井筒穿过地层的情况,做出详细柱状图;平整场地,解决临时交通及水电供应,力求达到“五通一平”;合理布置临时工业广场;编制矿井单项工程和井筒单位工程施工组织设计等。

组织井筒施工,尤其是组织快速施工,除做好上述施工准备之外,尚需完成施工设备安装、材料准备、技术练兵等准备工作。

施工设备安装包括:建筑变电所,安装变压器、高低压开关柜、输电线路等供电系统;建筑提升机房,安装提升机;建造天轮架、井口栈桥、箕斗卸载架、矸石仓,铺设排矸线路;修建压风机房,安装压风机;修筑储水池,安装水泵,铺设供水管路;安装砼搅拌机、喷射机、铺设输料管路等。这些设施、设备应尽量利用永久的。

第二节 多工序平行交叉作业

斜井井筒施工中,统筹考虑打眼、装岩、支护等主要工序和其他辅助工序,合理安排,在同一时间内同时完成两种或两种以上的工序,最大限度地利用时间和空间,组织多工序平行交叉作业,是缩短循环时间、加快进度的重要措施。

由于施工条件与作业方式的不同,组织平行交叉作业的内容也各异。湖南涟邵矿区在斜井施工中,组织了钻眼与装岩平行作业;钻眼与铺轨平行作业;钻眼与排水平行作业;钻眼与清扫炮眼平行作业;钻眼、装岩与喷射砼平行作业;钻底部炮眼与看腰线平行作业;移耙斗装岩机与延接管、线平行作业;固定耙斗装岩机与延设中、腰线平行作业;装药与工作面掩护设备、撤离工具平行作业;交接班与工作面检查、看中线平行作业,实现了十项多工序平行交叉作业。大同矿区在斜井施工中,将钻、装、支三大工序平行作业,收到良好效果。

图 8-6-1 为铜川下石节矿二采区斜风井月进 705.3m 施工实测循环作业图表之一。图中,钻眼工序(60min)与装岩工序(70~90min)平行作业。掘进循环中钻眼与装岩两大工序最大限度地平行,能有效地缩短掘进循环时间。掘进时,组织钻眼与装岩平行作业比平巷困难,由于井筒底板和工作面都是倾斜的,放炮后矸石很自然地堆积在掘进迎头,使钻眼工作不能马上进行。所以,不仅要采取抛碴爆破技术措施,还应使掘进迎头保持垂直,不随井筒倾角而倾斜,也有助于放炮后尽快进行钻眼作业。耙斗机的应用,也使装岩工序便于与钻眼工序平行作业,开始装岩时可以利用抛碴爆破形成的空间,用耙斗先将掘进迎头的矸石向后耙出,腾出空间进行打眼。之后,先装取装岩面附近的矸石。为使多台钻机能与装岩平行作业,每台凿岩机的风水管路应该互不干扰,从巷道两侧依次接通,当使用电钻时,用一条 20m 长的电缆与耙斗机上的电源相接,更有利于多台钻机与装岩工序平行作业。

上述循环作业图表中,喷射砼工序(80min)完全与装岩工序平行,达到了支护与掘进平行作业。由于支护作业不单独占用井筒施工时间,可使成井速度提高 30% 以上。采用喷射砼为永久支护,加之喷射机固定在井口,远距离管路输料,给喷射砼与装岩平行作业创造了有利条件。喷射砼工作面与掘进工作面之间应设置联络信号。处理输料管堵管时,应通知掘进工作面人员,避开喷出方向。每次箕斗运行前,在喷射地区应清理轨道上

的回弹物。井筒内应设置表示箕斗运行情况的信号。布置井筒施工断面时 ,既要考虑到喷射砼能顺利进行 ,又要兼顾到工作面风水管路的安装。一般应将压风管、供水管及输料管分别沿井筒两帮底板铺设 ;混合式通风的压入式胶质风筒则应挂在侧帮的上部 ,抽出式金属风筒挂在迎头后约 50m 以外巷道的另一侧 ;供水管路每 50m 左右设置一个三通 ,供给喷射砼用水。

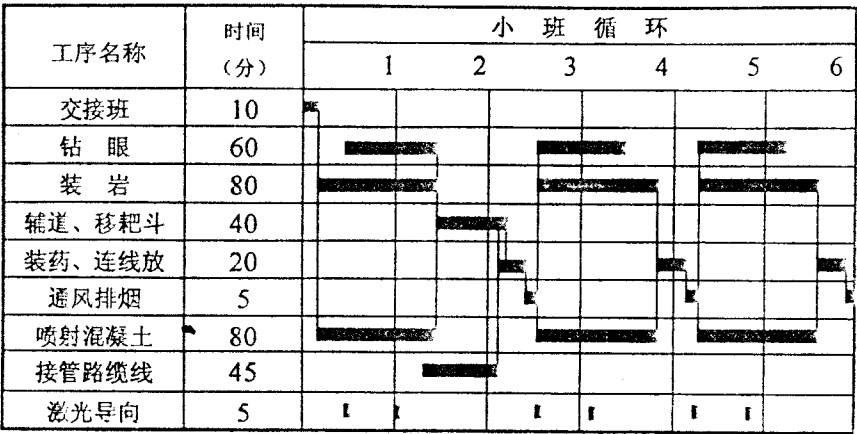


图 8-6-1 斜井井筒快速施工循环作业图表实例

图 8-6-2、图 8-6-3 为下石节平硐二采区回风斜井井筒施工布置。在 7.4m² 净断面内布置了 30 千瓦的大型耙斗机 ,4m³ 大容量箕斗 ,两趟风筒 ,两台激光仪 ,管路、电缆共十趟。该斜井施工中 ,采用了激光指向 ,测量工作也不占用施工循环时间 ,以激光束为依据 ,用一根带有刻度的木尺 ,可以准确、迅速地为井筒掘进、支护、铺设轨道指示方向。如图 8-6-3 所示 ,断面中设置了两台激光仪 ,一台设在中线位置距顶板 500mm ,一台设在拱基线水平位置 ,距岩帮 400mm ,用这两条光束 ,控制顶帮规格。激光仪在每个掘进循环中 ,指向二次 ,一次在钻眼工序开始 ,一次在钻眼工序中间。钻眼时 ,可参照激光束控制炮眼角度 ,有利于保证深孔爆破的规格质量。

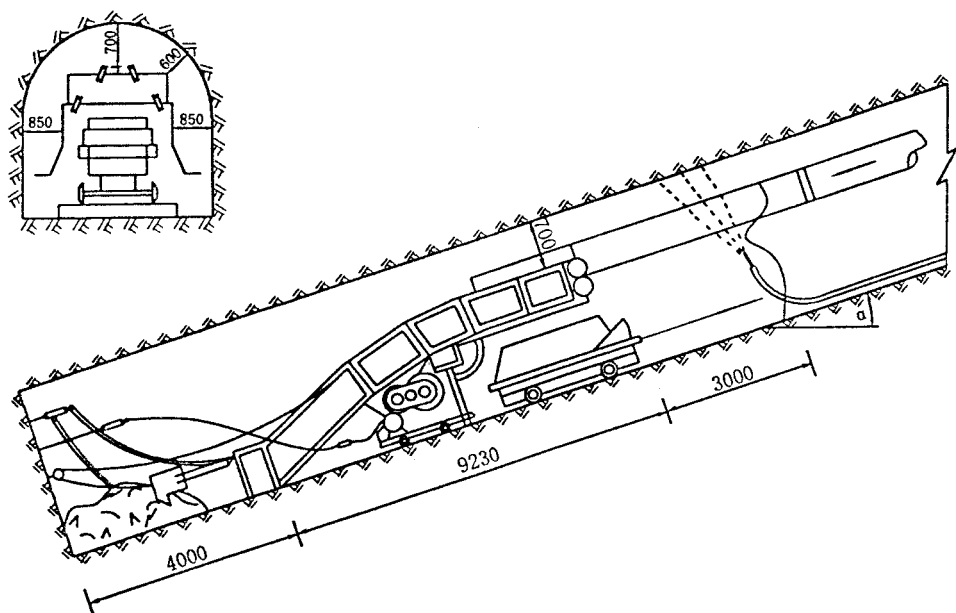


图 8-6-2 钻眼、装岩、支护平行作业工作面布置图

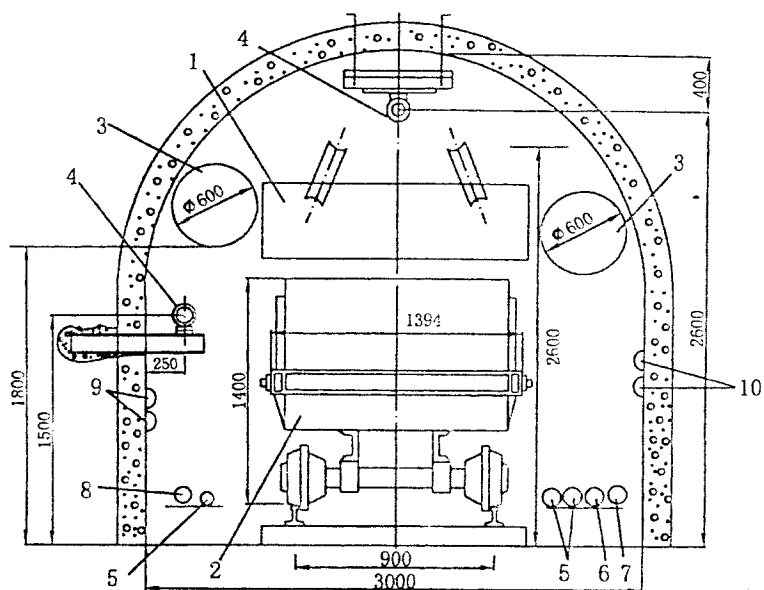


图 8-6-3 斜井井筒断面布置实例

1—ZYPD-1/30 耙斗机尾部 2— 4m^3 箕斗 3—风筒 4—激光仪；
5—矸输送管 6—供水管 7—压风管 8—排水管 9—动力电缆 10—信号电缆

第三节 正规循环作业

实行正规循环作业,是指在一定时间内,在掘进、支护工作面上按照作业规程中循环作业图表的规定,以一定的人力、设备,按质、按量地完成一定的工作任务并保持周而复始地进行施工的作业方法。实行正规循环作业,可以使各工序平行交叉地进行,充分利用工时,做到工序紧密衔接,忙而不乱,全面地、均衡地完成施工任务。井巷掘进速度能否加快在很大程度上取决于正规循环执行的好坏。

实行正规循环作业,首先要确定小班掘进循环次数。这主要根据施工技术水平、掘进断面大小、井筒倾角、岩石性质、涌水情况和所用机械配备等条件而定。在现阶段斜井施工技术装备条件下,当掘进断面小,岩石比较坚硬,且井筒涌水不大时,一般宜采用小班多循环作业。实行三班制作业,每小班1~3个循环。随着循环次数的增加,掘进速度也相应得到提高。当斜井井筒断面较大、工作面涌水量大于 $10\text{m}^3/\text{h}$ 、岩石破碎、钻眼操作技术水平较高时,应将炮眼深度适当加大,并采用每小班一个循环,也能达到较快的掘进速度。小班掘进循环次数,应是个整数,避免一个循环跨班完成,否则工序之间衔接不易紧凑,最终使进度受到影响。

编制斜井施工循环作业图表时,应根据地质条件、施工设备、作业方式和工人技术水平等因素,合理确定炮眼深度及循环进度,并对各工序的工作量、在正常情况下施工所需要的人数、时间等进行实际测定。在测定的基础上,合理确定各工序所需要的人数和时间。编制循环作业图表时要合理安排工序、实行多工序平行交叉作业。随着工程向前推进,提升矸石的距离相应增加,因此会影响装提综合排矸生产率,使装岩工序所需的时间延长。所以,斜井施工应按井筒深度不同,分段编制循环作业图表。图8-6-4为韩城象山矿排矸斜井施工斜长300m井筒时的掘进循环图表,此图表按三个施工区段编制。此外,随着井筒穿过岩层的变化,钻眼工序作业时间也会发生变化。总之,切合实际的斜井施工循环作业图表,不应只编制一个。

执行正规循环图表作业的过程中,由于技术熟练程度的不断提高,必然会出现某些工序提前完成的情况。这时应考虑修改爆破和循环图表,不断加深炮眼,加大循环进尺,以便在巩固正规循环作业的基础上,不断提高施工速度。当炮眼深度到一定数值时,可以恢复原来炮眼深度,而增加小班掘进循环作业次数,进一步加快工程进度。

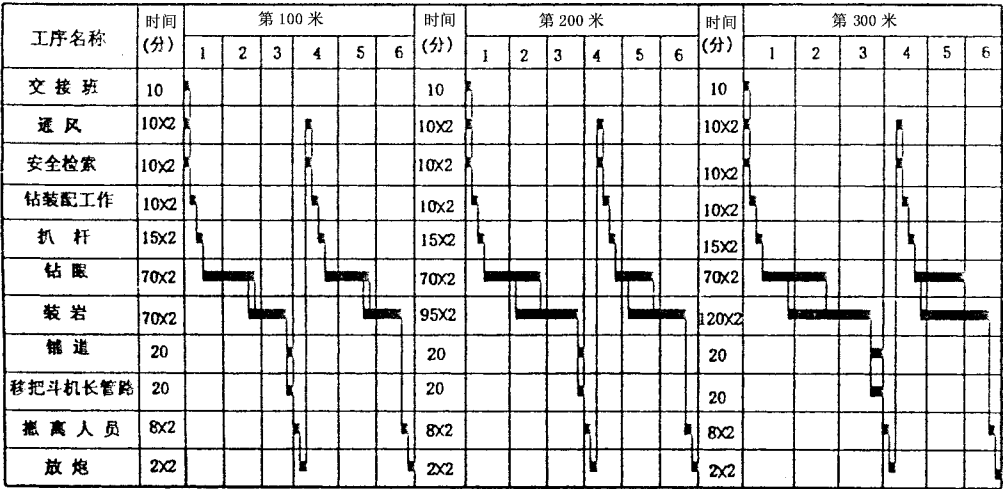


图 8-6-4 掘进循环图表实例

如果由于某些原因打乱了正规循环作业 ,当事故影响循环时间不长 ,可采取适当减小炮眼深度的办法 ,以缩短各工序所占用的时间 ,争取在本班内抢回这一循环 ,使之不致影响下一个正规循环。当事故影响循环时间较长 ,在本班内不可能抢回来时 ,则应为下一循环创造有利条件 ,采用加深炮眼或为下一班作好施工准备的办法 ,以保证下一班能顺利完成循环 ,并能增加循环进尺 ,从而弥补部分事故所造成的影响。

第四节 工种岗位责任制及综合工作队

为做到斜井施工一次成井 ,需要组织许多工种联合协同作业才能完成。实行工种岗位责任制 ,采取综合工作队 ,是行之有效的施工组织制度和形式。

工种岗位责任制包括岗位制和责任制两个方面。岗位制要求每个工人自始至终按照规定的循环次数和进度 ,在一定的时间内 ,使用固定的设备或工具 ,在各自的岗位上完成规定的工作任务。责任制应以保证工程质量、工作质量和安全为中心 ,明确规定每个工种的质量责任。工种岗位责任制能调动工人的积极性、增强责任感 ,鼓励工人钻研技术 ,有利于提高工程质量 ,保证各工序间的密切配合与衔接 ,能加强工种间的团结协作 ,减少混乱现象 ,防止事故的发生 ,能把职工干劲和科学分工密切结合起来 ,统一指挥 ,统一调配 ,使工种之间互相配合 ,密切协作 ,步调统一。

综合工作队组织形式,应根据施工条件及施工方法不同而异。当提升机单独为一个井筒工作面服务时,可组织大型的综合工作队。湖南涟邵利民矿三号斜风井,掘进采用四班作业,喷射砼支护采用两班作业,实行掘进、机电、运输、排矸、喷射支护统一管理,把各工种组织成为一个有机的整体,为实现快速施工创造了条件。当斜井与平巷同时施工,并共用一套提升系统时,井筒施工则可组织较小型的综合工作队。鸡西滴道矿六井斜井井筒施工时,组织了小型的综合工作队,全体共 61 人,其中包括:队长、技术员 3 人,掘进工 27 人,支护工 21 人,砌水沟工 2 人,机修工 4 人,轨道工 4 人。采取综合工作队的组织形式,加强了劳动力的组织、调配和管理工作,充分发挥了施工人员的作用。

第五节 微机管理

微机管理是提高施工企业管理水平和工作效率,实现管理工作系统化和现代化的主要手段之一。它能大幅度地提高各种统计、计算工作的效率,使许多用手工计算难以实现的科学管理方法的应用成为可能。计算机能保存和处理施工企业管理方面的信息,及时进行资料汇总等工作,能将管理业务自动地进行计算、分析,最后提出完整的结论,完成斜井施工信息的控制与反馈,为施工管理提供及时、准确、科学的依据。

从系统观点来看,矿井施工管理系统是一个庞大的复杂系统。结合斜井施工情况,可以从施工统计管理信息和成本管理信息二个 subsystem 进行设计开发,以满足对工期、质量及成本的控制。

一、系统的目标

(1) 统计管理信息系统:

- ① 及时统计各项原始数据;
- ② 汇总整理、分析、计算各项统计指标;
- ③ 供有关人员查询系统的各类统计信息;
- ④ 为其他管理子系统提供所需的统计数据;
- ⑤ 按要求打印各类报表及分析统计结果;
- ⑥ 系统具有自身维护、制用备份库、保密等功能。

(2) 成本管理信息系统:

- ①编制成本预算；
- ②编制成本计划；
- ③进行各种人员的工资核算；
- ④进行施工成本的核算；
- ⑤按要求打印有关成本预算、计划、核算的各种报表；
- ⑥系统具有自身维护、制作备份库、保密等项功能。

二、设计过程与使用效果

系统设计首先要建立系统构成图、系统逻辑功能图。在此基础上,设计系统信息流程图,它是由各功能为处理单位的数据关系图综合而成。两个信息子系统各分若干个处理功能,之后,再从计算机实现的角度设计出物理功能模块图,它是计算机软件设计的桥梁。此外,还有输入输出数据库设计等工作。大同马背梁矿新高山主斜井施工采用了先进的现代化管理技术,应用了微机管理系统,效果较好。各施工单位可根据本单位情况开发利用。

第七章 斜井施工机械化配套

第一节 斜井施工现状

前面已叙及 ,斜井施工 ,即不同于立井 ,又不同于岩巷 ,施工方法与设备介于立井与平巷之间 ,各国对其研究较少。立井施工的伞形钻架打眼 ,大型抓岩机装岩 ,大吊桶、大绞车提升排矸 ,金属活动或滑动模板筑壁等掘砌机械化设备 ,不适宜斜井施工。

我国的斜井施工 ,根据国情 ,目前多采用直眼掏槽 ,气腿凿岩机打眼 ,中深孔光面爆破 ,耙斗装岩机装岩 ,箕斗排矸 ,大绞车提升 ,大储矸仓排矸 ,锚喷支护 ,远距离输送矸 ,激光指向 ,风动或电动潜水泵排水等主要施工技术和设备 ,掘进技术不断提高 ,多次创造了新记录 ,从 1972 年湖南建井三处创月成井 364.5m 以来 ,陕西煤炭基建公司二处、四处分别以 452m、504m、605m、705m 的月成井速度 ,保持着我国斜井施工在世界上的领先地位。鸡西、开滦、阜新、宁复等矿区 ,也都创造出斜井施工较高水平。因此 ,总结我国斜井施工经验 ,具有普遍意义。部分斜井快速施工实例见表 8-7-1 ,创纪录施工情况见表 8-7-2。

我国斜井施工基本状况如下 :

(1)装岩提升采用耙斗装岩机和箕斗 ,可保证装崖及运输能力 ,加快了装、运、卸速度。耙斗装岩机和箕斗结构简单 ,操作维修简便 ,应用可靠 ,工人在短时期内能熟练掌握。

(2)爆破采用直眼三角柱形掏槽 ,高威力炸药爆破 ,周边眼用低威力炸药光面爆破 ,

提高了进尺和爆破效率(表 8－7－3)。

表 8－7－3 国内外斜井快速施工实例

序号	斜井名称	施工年月	月成井 (m)	倾角	掘进断积 (m ²)	支护形式
1	大同永定庄主斜井	1960	148	15°	15.5	料石碯
2	鸡西张新斜井	1966	150	22°	6.45	砗棚
3	涟邵湖坪主斜井	1971	300	25°	7.7	喷砗
4	涟邵花萼里副井	1971.5	331.3	25°	8.1	喷砗
5	涟邵石坝主斜井	1971.12	363.2	27°	8.1	喷砗
6	涟邵石坝主斜井	1972.1	338	27°	8.1	喷砗
7	涟邵石坝主斜井	1972.3	354	27°	8.1	喷砗
8	涟邵利民 3 号风井	1972.5	364.5	23.5°	5.85	喷砗
9	铜川陈家山二采区主斜井	1973.9	452.1	15°	7.3	喷砗
10	开滦马家沟 908 风井	1973.11	378.4	17°	6.8	喷砗
11	铜川下石节斜井	1973.11	504.5	16.5°	8.9	喷砗
12	铜川陈家山二采区斜井	1974.3	605.2	12.5°	7.5	喷砗
13	宁复汝箕沟一采区轨上山	1974.5	361.1	13°	9.83	锚网喷
14	阜新东梁六井副井	1974.10	334.2	21°	8.29	锚喷
15	铜川下石节二采区风井	1974.12	705.3	16.5°	9.23	喷砗
16	铜川陈家山斜井	1975.10	600	13.5°	8.62	锚喷
17	大同云冈材料井	1976.10	235.1	14.5°	14.1	锚喷
18	邯邢东庞皮带下山	1978.3	202	12°	11.5	锚喷
19	抚顺老虎台斜井	1979	108	16.5°	18	喷砗
20	大同同家梁西三风井	1980	174	25°	14.86	锚喷
21	阳泉贵石沟主斜井	1984.11	150.7	16°	19.03	料石

序号	斜井名称	施工年月	月成井 (m)	倾角	掘进断积 (m ²)	支护形式
22	阳泉贵石沟主斜井	1985.4	120	16°	17.08	钢架 喷砼
23	鸡西荣华斜井	1991.6	305	23.5°	8.56	—
24	大同马脊梁新高山主斜井	1991.6	376.2	16°	14.0	锚喷
25	大同云冈主斜井	1992.5	310.1	16°	16.5	锚喷
26	日本尺别斜井	1962.10	193.2	16°	15.0	钢拱
27	日本幌南斜井	1969.6	301	11°~18°	19.02	钢拱
28	日本幌南斜井	1969.7	325	11°~18°	19.02	钢拱
29	日本幌南斜井	1969.12	325	11°~18°	19.02	钢拱
30	加拿大恩格鲁洛因铜矿	70	311	12	8.24	—
31	苏联伏洛希洛夫矿	1970	105	16°~20°	12.1	—
32	加拿大某斜井	1972.11	397	—	4×2.4	—
33	日本深泽斜井	1972.11	427	9.75°	11.2	钢架 喷架

表 8－7－2 我国斜井施工纪录

施工单位	斜井名称	施工 年月	月成井 (m)	断面 (m ²)	倾角 (度)	钻眼设备	掘进工效 (m ³ /工日)
湖南三处	利民斜井	1972.5	364.5	5.9	21~23	①	1.09
铜川四处	陈家山二采主斜	1973.9	452.1	7.3	15	①	2.15
铜川二处	下石节暗斜井	1973.9	504.5	8.9	16.5	①	—
开滦马家沟	马家沟矿下山	1973.11	378.4	6.8	17	①	1.07
铜川四处	陈家山二井人斜	1974.3	605.2	7.5	12.5	①	2.02
宁夏建井队	汝箕沟斜井	1974.5	361.1	9.83	13	①	—
鸡西工程队	平岗矿下山井	1974.7	357.2	7.64	16	①	—
阜新工程处	东梁六井斜井	1974.10	499.3	8.27	21	①	—
铜川二处	下石节二井风斜	1974.12	705.3	9.23	14~19	②	2.70

注 (1) 以上施工装岩设备均为耙斗装岩机 ;
(2) 钻眼设备 ①—气腿式凿岩机 ②—电钻、气腿式凿岩机

表 8－7－3 直眼三角柱形掏槽的爆破效果

施工单位	月进尺 (m)	岩性	炮眼深度 (m)	循环进尺 (m)	炮眼利用率 (%)
铜川四处	452.10	砂岩、页岩	1.8	1.50	83
铜川二处	504.50	砂岩、页岩	2.2 ~ 2.4	2.02	85 ~ 90
铜川四处	605.20	砂岩、页岩	2.2 ~ 2.4	2.09	87 ~ 90
铜川二处	705.30	砂岩、页岩	2.5 ~ 2.6	2.27	85 ~ 90

(3)耙斗机装岩和气腿式凿岩机打眼可以平行作业 ,有利于缩短循环时间 ,充分利用空间和时间。铜川二处创月进 705.3m 的纪录中 ,打眼时间 200min ,装岩时间 210 ~ 270min ,打眼和装岩 70%可以平行。

(4)锚喷支护广泛应用 ,配合远距离管路输送砼拌合料技术 ,设置快速检查砼堵管的压力继电器 ,保证了斜井施工永久支护的可靠性和安全性 ,且可掘、支平行作业。

(5)斜井斜长 1000 ~ 1500m 的情况下 ,采用 4 ~ 8m³ 箕斗提升运输矸石 ,能保证快速施工的需要。

此外 ,测量工作用激光指向仪能快速给中线、腰线 ,风动、电动潜水泵排水 ,一抽一压的混合通风等先进施工技术 ,都为斜井快速施工创造了条件。

当然 ,这套施工设备因箕斗装运矸石不连续 ,生产能力工效都不够高 ,涌水较大的斜井不适应 ,使用以耙斗机装岩为主形成的机械化配套作业线 ,使得凿岩台车无法到工作面 ,仍用气腿式凿岩机 ,凿岩不能实现全机械化 ;斜井施工的全国平均速度一直在月进 50m 左右 ,掘进工效低。今后的主要目标和任务应是努力提高斜井施工的平均速度。

第二节 装岩提升综合能力分析

目前斜井施工设备选型往往凭借过去的施工经验 ,但仅凭经验是不够的。在缺乏科学依据的情况下 ,配套设备型号选小 ,性能低 ,排矸能力不足 ,施工速度上不去 ;反之 ,设备选型过大 ,则增加设备费投入。同时 ,也易造成机械化作业线中某单个设备的能力浪费。为此以耙斗机装岩、箕斗提升为主 ,总结分析施工经验 ,计算装提综合排矸能力 ,讨论分析装岩提升参数对排矸能力的影响 ,为施工设备配套提供依据。

一、装岩能力

常用耙斗机斗容及技术生产率 ,见表 8－7－4。

表 8－7－4 耙斗装岩机技术生产率

型号	耙斗斗容 (m ³)	技术生产率 (m ³ /h)
P－15B(YP－20)	0.15(0.20)	15～25(25～25)
P－30B(YP－35)	0.30(0.35)	35～50(40～55)
P－60B(YP－60)	0.60	70～105(80～100)
YP－90	0.90	120～150
P120B	1.20	120～180

施工中 ,通常工作面只布置一台耙斗机。当井筒断面大 ,掘进宽度超过 4m 时 ,可使用两台。这时两台耙斗机的簸箕口前后错开布置 ,可同时工作。双耙斗机、双箕斗加大了装提能力 ,缩短了掘进循环中的装岩时间。但两套设备干扰大 ,组织管理复杂 ,施工中较少采用。目前 ,0.9m³、1.2m³ 大型耙斗机的使用 ,可满足大断面斜井施工的要求。

施工每循环装岩量 (8－7－1)

$$A = k_1 SL\eta$$

式中 A——每循环装岩量 ,m³ ；
k₁——矸石松散系数(取 1.8～2.0)；
S——掘进断面积(m²)；
L——炮眼深度(m)；
η——炮眼利用率(取 0.85～0.95)；

工作面实际装岩生率 (8－7－2)

$$P_Z = k_2 k_3 PN$$

式中 P_Z——工作面实际装岩生产率 ,m³/h ；
k₂——装岩倾角影响系数(取 0.4～0.8)；
k₃——多台装岩机同时工作影响系数 ,一台耙斗机 k₃ = 1.0 ,两台同时工作
k₃ = 0.7～0.8 ；
P——耙斗机技术生产率(m³/h)；
N——同时工作的装岩机台数。

每循环装岩时间

$$t = A / P_z \quad (8-7-3)$$

二、提升能力

斜井施工时,箕斗提升不必每次摘挂钩,卸截节省时间,安全性好。在开凿大断面和较深的斜井时,采用箕斗提升效果更显著。

目前使用的箕斗,有后卸式、前卸式、无卸截轮前卸式 3 种。箕斗容积由过去的 $2 \sim 3 \text{ m}^3$ 发展到目前的 $4 \sim 8 \text{ m}^3$ 。

箕斗容积选择按下式计算:

$$V = \frac{1.25 A}{K_4 n t} \quad (8-7-4)$$

式中 V ——箕斗容积, m^3 ;

A ——每循环装岩量, m^3 ;

1.25——提升不均匀系数;

k_4 ——箕斗装满系数(0.85);

n ——每小时提升次数;

t ——每循环装岩时间, s 。

每小时提升次数

$$n = 3600 / T \quad (8-7-5)$$

式中 T ——提升一次时间, s 。

单钩提升时

$$T = \frac{2L}{V_p} + \theta_1 + \theta_2 \quad (8-7-6)$$

双钩提升时

$$T = \frac{L}{V_p} + \theta_1 \quad (8-7-7)$$

式中 L ——提升斜长,为斜井全长加栈桥长, m ;

V_p ——平均提升速度, m/s ;

θ_1 ——箕斗装载时间, s ;

θ_2 ——箕斗卸载时间, s 。

平均提升速度按下式计算:

$$V_p = k_5 V_m \quad (8-7-8)$$

式中 V_p ——平均提升速度 ,m/s

k_5 ——根据提升速度图所考虑的加减速影响系数(取 0.8 ~ 0.9);

V_m ——提升最大速度(m/s) ,一般规定 $L \leq 300\text{m}$, $V_m \leq 5\text{m/s}$, $L > 300\text{m}$, $v_m \leq 7\text{m/s}$

计算出以上各参数 ,箕斗提升能力亦即综合排矸能力可按下式计算 ;

$$P_t = k_4 V_n = 3600 k_4 V / T$$

(8 - 7 - 9)

三、装提综合排矸能力

斜井装提配套综合排矸能力 ,是指掘进中爆破出的矸石在单位时间提到地面的能力。它主要与装提配套设备能力有关。过去配套能力小 ,耙斗机斗容多为 0.3 ~ 0.6m³ ,箕斗容积也在 2 ~ 4m³ 之间 ,只能适用断面积 10m² 以下的斜井。近年来 ,装岩提升配套朝大型化方向发展。阳泉矿务局贵石沟矿主斜井使用 PY - 90 型耙斗机 ,斗容 0.9m³ ,技术生产率 120 ~ 150m³/h ,配套 6m³ 无卸载轮前卸式箕斗 ,施工最高月成井 150.7m ,平均月成井 102.23m。大同矿务局马脊梁矿新高山主斜井使用 P120B 型耙斗机 ,耙斗斗容 1.2m³ ,技术生产率 120 ~ 180m³/h ,配套 XQJ8 型 8m³ 前卸式箕斗 ,三个月成井 825.5m ,平均月成井 275.2m ,最高月成井 376.2m ,达到当今国内外斜井快速施工先进水平。这些成功经验为今后搞大型机械化配套提供了宝贵的资料。

为对不同配套方案的综合排矸能力进行分析 ,现用(8 - 7 - 9)式计算 10 种常用配套方案的综合排矸能力列于表 8 - 7 - 5 中。计算时 ,装载时间如表 8 - 7 - 6 所示 ,系数 K_5 取值及平均提升速度见表 8 - 7 - 7。箕斗容积为 2m³、3m³、4m³、6m³、8m³、10m³ 时 ,卸载时间的取值分别取 30s、35s、40s、50s、60s、60s。

为进行比较分析 ,现将计算出的不同型号的耙斗机配备相应型号箕斗综合排矸能力列于表 8 - 7 - 8 中 ,不同提升最大速度时的综合排矸能力列于表 8 - 7 - 9。

表 8 - 7 - 5 十种常用配套方案的综合排矸能力

单位 :m³/h

箕斗容积 (m ³)	耙斗斗容 (m ³)	提升 方式	井筒斜长(m)							
			100	300	500	700	900	1100	1300	1500
2	0.3	单钩	23.5	17.0	16.2	14.2	12.3	11.3	10.2	9.3
		双钩	29.9	24.0	23.2	21.0	19.0	17.7	16.3	15.1
3	0.3	单钩	25.9	20.2	19.4	17.4	15.5	14.4	13.2	12.1
		双钩	31.1	26.6	25.9	24.1	22.2	21.1	19.7	18.5

箕斗容积 (m ³)	耙斗斗容 (m ³)	提升 方式	井筒斜长(m)							
			100	300	500	700	900	1100	1300	1500
3	0.6	单钩	39.9	27.4	16.0	22.5	19.5	17.8	15.9	14.4
		双钩	52.2	40.8	39.2	35.2	31.3	29.1	26.6	24.4
4	0.6	单钩	45.3	33.1	31.5	27.7	24.2	22.2	20.0	18.2
		双钩	59.7	48.0	46.4	42.0	37.9	35.4	32.6	30.2
4	0.9	单钩	51.0	36.0	34.2	29.7	25.7	23.5	21.1	19.1
		双钩	69.9	54.5	52.3	46.9	41.8	38.8	35.4	32.6
6	0.6	单钩	49.6	39.1	37.6	33.9	30.3	28.2	25.8	23.8
		双钩	62.6	53.2	51.9	48.2	44.5	42.2	39.4	37.0
6	0.9	单钩	59.2	44.8	42.9	38.1	33.6	31.1	28.2	25.8
		双钩	78.1	64.4	62.4	57.2	52.0	48.9	45.3	42.2
6	1.2	单钩	73.4	52.5	49.9	43.5	37.8	34.6	31.1	28.2
		双钩	104.9	81.6	78.5	70.3	62.7	58.2	53.1	48.9
8	0.9	单钩	64.4	51.0	49.1	44.3	39.8	37.0	34.0	31.3
		双钩	83.0	71.0	69.1	64.2	59.3	56.2	52.6	49.4
8	1.2	单钩	76.5	58.3	55.9	49.7	44.1	40.7	37.0	33.9
		双钩	104.2	85.9	83.3	76.2	69.4	65.2	60.4	56.2

表 8－7－6 箕斗装载时间

耙斗斗容 (m ³)	箕斗容积 (m ³)	装载时间 (s)
0.3	2	180
0.3	3	270
0.6	3	150
0.6	4	180
0.9	4	160
0.6	6	270

耙斗斗容 (m ³)	箕斗容积 (m ³)	装载时间 (s)
0.9	6	210
1.2	6	150
0.9	8	270
1.2	8	210

表 8－7－7 平均提升速度取值

L (m)	K_5	V_m (m/s)	V_p (m/s)
≤300	0.80	≤5	4.00
400 ~ 600	0.85	≤7	5.95
700 ~ 900	0.90	≤7	6.30
≥1000	0.95	≤7	6.65

表 8－7－8 不同箕斗容积时的综合排矸能力 单位 m³/h

耙斗斗容 (m ³)	箕斗容积 (m ³)	井筒斜长(m)							
		100	300	500	700	900	1100	1300	1500
0.6	2	30.6	20.4	19.2	16.4	14.0	12.7	11.3	10.2
	3	39.1	27.4	26.0	22.5	19.5	17.8	15.9	14.4
	4	45.3	33.1	31.5	27.7	24.2	22.2	20.0	18.2
	6	49.6	39.1	37.6	33.9	30.3	28.2	25.8	23.8
0.9	3	44.8	30.1	28.4	24.3	20.8	18.9	16.8	15.1
	4	51.0	36.0	34.2	29.7	25.7	23.5	21.1	19.1
	6	59.2	44.3	42.9	38.1	33.6	31.1	28.2	25.8
	8	64.6	51.0	49.1	44.3	39.8	37.0	34.0	31.3

耙斗斗容 (m ³)	箕斗容积 (m ³)	井筒斜长(m)							
		100	300	500	700	900	1100	1300	1500
1.2	4	68.0	43.7	41.1	34.8	29.4	26.6	23.5	21.1
	6	73.4	52.5	49.9	43.5	37.8	34.6	31.1	28.2
	8	76.5	58.3	55.9	49.7	44.1	40.7	37.0	33.0
	10	80.5	63.8	61.4	55.4	49.9	46.3	42.4	39.2

四、装岩提升参数对综合排矸能力的影响分析

(一)耙斗机斗客

由表 8-7-5、表 8-7-8 可以看出 ,综合排矸能力 P_t 与耙斗斗容 V 呈非线性正比关系。 同是 6m^3 箕斗 ,由 0.6m^3 增大至 1.2m^3 ,在斜长 500m 处 , P_t 平均增大 $14.5\text{m}^3/\text{h}$,斜长 1000m 处 ,增大 $7.5\text{m}^3/\text{h}$ 。 这说明耙斗斗容增大 ,即耙斗机生产率增大 ,综合排矸能力大幅度增大 ,但随提升斜长加大 ,增大幅度降低。

(二)箕斗客积

从公式 (8-7-9)来看 ,得 P_t 与 V 呈线性正比关系 ,但 V 增大 , θ_1 、 θ_2 一般相应增大 ,故表 8-7-9 中为近似直线关系。 从表 8-7-8 中可知 , V 增大 , P_t 也大幅度提高 ,且不受提升斜长的影响。

(三)提升速度

由表 8-7-9 可见 ,综合排矸能力 P_t 与提升速度 V_p 成非线性正比关系。 无论单钩提升还是双钩提升 , V_p 增大 , P_t 也以较大的幅度增大。 且单钩、双钩增大幅度大致相同。

(四)提升斜长

提升斜长 L 对 P_t 的影响也很大。 由表 8-7-5、表 8-7-8、表 8-7-9 可以看出 , P_t 与 L 为非线性反比关系。 在 L 较小时 , P_t 随 L 的增大降低幅度大 , L 较大时降低缓慢。 对于采用 0.6m^3 耙斗、 4m^3 箕斗的配套方案 ,假定斜长 100m 处的 P_t 为 100% ,则斜长 300m、600m、900m、1200m、1500m 处的 P_t 分别为 :73%、64%、53%、47%、40%。 可见 ,要获得相同施工速度 ,应随井筒斜长的增加相应增大设备能力 ,以保证井深增大后有足够的排矸能力。

(五)提升方式

设单、双钩提升的 P_t 分别为 P_{td} 、 P_{ts} ,并令 :

$$k_{sd} = P_{ts} / P_{td}$$

(8 - 7 - 10)

表 8 - 7 - 9 不同提升最大速度时的综合排矸能力

单位 m^3/h

容积 (m^3)	斗容 (m^3)	最大提升速度 (m/s)	提升方式	井筒斜长 (m)							
				100	300	500	700	900	1100	1300	1500
3	0.6	3	单钩	34.2	21.1	15.9	13.0	10.8	9.6	8.4	7.4
			双钩	47.9	33.4	26.5	22.4	19.0	17.1	15.1	13.6
		4	单钩	37.1	24.6	19.2	16.0	13.4	12.0	10.6	9.4
			双钩	50.6	37.3	30.9	26.7	23.0	20.9	18.7	16.9
		5	单钩	39.1	27.4	21.8	18.5	15.7	14.2	12.5	11.2
			双钩	52.5	40.8	34.3	30.0	26.2	24.1	21.7	19.7
		6	单钩	39.1	27.4	24.1	20.7	17.7	16.1	14.3	12.9
			双钩	52.5	40.8	37.0	32.8	29.0	26.8	24.3	22.2
		7	单钩	39.1	27.4	26.0	22.5	19.5	17.8	15.9	14.4
			双钩	52.5	40.8	39.2	35.2	31.3	29.1	26.6	24.4
6	0.9	3	单钩	53.5	36.0	28.2	23.6	19.8	17.8	15.7	14.0
			双钩	73.0	54.8	45.2	39.1	33.8	30.8	27.6	24.9
		4	单钩	56.9	41.0	33.1	28.3	24.2	21.9	19.4	17.5
			双钩	76.1	60.4	51.4	45.4	40.0	36.8	33.3	30.4
		5	单钩	59.2	44.8	37.1	32.1	27.8	25.4	22.7	20.6
			双钩	78.1	64.4	56.0	50.2	44.8	41.6	38.0	43.9
		6	单钩	59.2	44.8	40.3	35.4	30.9	28.4	25.6	23.3
			双钩	78.1	64.4	59.6	54.1	48.7	45.6	41.9	38.8
		7	单钩	59.2	44.8	42.9	38.1	33.6	31.1	28.2	25.8
			双钩	78.1	64.4	62.4	57.2	52.0	48.9	45.3	42.2

据表 8 - 7 - 5 ,可计算得 k_{sd} 列于表 8 - 7 - 10 中。

由表 8 - 7 - 10 知 ①双钩提升能力为单钩提升能力的 130% ~ 170% ;②随提升斜长 L 增大 , k_{sd} 增大 ,这说明斜长大双钩的优势才发挥出来 ;③随配套设备的大型化 , k_{sd} 也增大 ,这主要是耙斗容积大 ,提升休止时间 θ_1 减小的所致。

(六)分析结果

(1)增大耙斗斗容 ,可大幅度提高综合排矸能力。耙斗斗容增大一个档次(0.3m^3) , P_{td} 可依斜长不同增大 3 ~ $10\text{m}^3/\text{h}$ 。

(2)增大箕斗容积可提高综合排矸能力。箕斗容积 V 增大 1m^3 , P_t 可提高 5 ~ $6\text{m}^3/\text{h}$

且受提升斜长变化的影响小。目前大多使用 $2 \sim 4\text{m}^3$ 箕斗 ,有条件时可采用 $6 \sim 8\text{m}^3$ 箕斗。

表 8－7－10 双钩提升能力与单钩提升能力比值

耙斗斗容 (m^3)	箕斗容积 (m^3)	$L(\text{m})$							
		100	300	500	700	900	100	1300	1500
0.3	2	1.27	1.41	1.43	1.48	1.54	1.56	1.60	1.63
0.6	3	1.34	1.49	1.51	1.56	1.61	1.63	1.67	1.69
0.6	4	1.32	1.45	1.47	1.52	1.57	1.59	1.63	1.65
0.9	4	1.37	1.51	1.53	1.57	1.62	1.65	1.68	1.71
0.9	6	1.31	1.44	1.46	1.50	1.55	1.57	1.61	1.63
1.2	8	1.36	1.47	1.49	1.53	1.58	1.60	1.63	1.66

(3)井筒斜长不大时搞快速施工 ,重点应配备大型耙斗装岩机。井筒斜长大时 ,重点应 配套大容积箕斗 辅以大型号耙斗机。

(4)提升速度增大也可以较大幅度地提高综合排矸能力。提升最大速度每增大 1m/s , p_1 增大 $3 \sim 5\text{m}^3/\text{h}$ 。目前斜井施工箕斗提升最大速度多为 $3 \sim 5\text{m/s}$,这不利于提高综合排矸能力 ,应使提升最大速度接近规范规定速度 7m/s_0 。

(5)关于提升方式 ,目前采用的多为单钩。但断面大和较深的斜井用双钩可使排矸能力增大 $40\% \sim 60\%$ 。有条件时也可使用两套单钩 ,其排矸能力是一套单钩的 $160\% \sim 180\%$ 。这都能较大幅度提高排矸能力。

第三节 斜井施工机械化配套分析

一、国外斜井快速施工机械配套

各国斜井掘砌机械化配套如下：

加拿大 3 臂凿岩台车、2 台 LHD 型铲斗装岩机(或 ST－2A 型铲运机) 自卸卡车和

金属支架 ,最高月进 311m、398m。

日本 :多台手持凿岩机、侧卸装岩机、仓式运输机和 1.7m^3 侧卸式矿车串车、金属拱形支架 ,最高月进 301m、325m 和 352m。

前苏联 :钻装机、转载机、金属支护 ,最高月进 150m。

法国 :凿岩机、耙斗装岩机、皮带转载机 ,金属拱形支架 3 个月平均进尺 225m。

二、我国斜井掘进机械化配套

(一)配套原则

速度 :尽管我国斜井施工创造了不少纪录 ,但全国平均月进速度并不高 ,只有 50m 左右。所以配套设备要能满足一般斜井年平均月进 100m 以上的需要。

国产化 :选用的设备要经久耐用 ,操作简单 ,安全可靠 ,我国自己能制造能维修 ,能满足施工单位的使用习惯。

综合生产能力 :装运卸设备应注意绞车的提升能力、装岩机的装岩能力、箕斗的运输转载能力和矸石仓的排矸能力的相匹配 ,形成综合生产能力 ,并注意绞车的静张力要留有 20%—30% 的富裕量。

适应性 :设备适用于断面 15m^2 左右 ,斜长 1500m 以下 ,倾角不超过 30° 的各类斜井和下山。

(二)保留和发展耙斗装岩机装岩的特色

根据上述原则和我国斜井施工的特点 ,注意吸取各国斜井掘进技术和工艺 ,保留和发展我国原有斜井机械化的特色。

耙斗装岩机从 70 年代推广以来 ,全国煤矿已超过 1 万台 ,占装岩设备的 70% ~ 80%。耙斗装岩机所以能在我国煤矿广为应用 ,主要是它的结构简单 ,操作容易掌握 ,好修好造 ,造价低 ,购置容易 ,且坚固耐用 ,行星齿轮式的一般用 2~3 年不用大修。平巷斜井两用 ,斜井掘完 ,转入平巷还能使用 ,不用更换设备。目前仍在我国煤矿 ,已经是矿矿都有 ,队队能用 ,具有广泛的使用基础。因此 ,斜井掘进机械化目前仍应以耙斗装岩机为配套基础 ,同时再试验其它装岩机的配套。

(三)配套形式

我国主要配套线 :多台气腿凿岩机、耙斗装岩机、箕斗、装配式矸石仓、锚喷支护设备 (见表 8-7-11)。

表 8－7－11 斜井掘进机械化配套主要形式

配套设备	断面(m ²)					
	4～6	7～9	10～12	13～15	13～15*	6～10*
凿岩机型号	YTP－26	YTP－26	YTP－26	YTP－26	7755	YGP－28
台数	2～3	3～4	5～8	7	6～7	2～3
装岩机	耙斗机	耙斗机	耙斗机	耙斗机	侧卸装岩机	钻装机
型号	P－30B	ZP－50	P－60B	YP－90	MZ ₂ －1.2	P－60B
斗容 ,m ³	0.3	0.5	0.6	0.9	0.6	0.6
能力 ,m ³ /h	35～50	55～75	70～105	120～150	72	70～105
绞车型号	①	②	③	④	⑤	⑥
滚筒直径 ,m	1.2	1.6	2	2.5	2.5	2
绳速 ,m/s	2.2	3～4	3～4	3～4	3.8～4.7	3～4
提升容器 ,m ³	Ⅰ(箕斗)	Ⅲ(箕斗)	Ⅳ(箕斗)	Ⅴ(箕斗)	Ⅶ(梭车)	Ⅳ(箕斗)
支护型式	锚喷	锚喷	锚喷	锚喷	金属拱形	锚喷
喷射机	WG－25 型或转子Ⅳ型、转子Ⅴ型					
搅拌机	WJ－750 型					
工作面排水	射水泵、电动潜水泵、风动潜水泵					
激光指向仪	JK－3 型					
通风方式	压入式通风、混合通风					

注 (1 绞车型号 ①—JT－1200 ,②—JT－1600 ,③—XKT1×2×1.5B ,④—JK－2.5/20 ,⑤—JK－2.5/20 ,⑥—XKT×2×1.5B
(2)* 倾角≤20° ,其他断面的斜井倾角≤30°。

三、按月成井要求的机械化配套

在总结我国斜井快速施工经验的基础上 ,现根据施工月成井指标要求 ,将施工设备选型归纳如表 8－7－12 所示。

对于表 8－7－12 中的配套 ,当井深 800～1000m 时应将箕斗容积取上限 ;当断面小于 7m² 时 ,耙斗抓岩机斗容取下限 ,而当断面大于 15m² 时 ,则取上限。

总之 ,施工的速度指标是管理与机械化的综合反映 ,不仅仅在于某一种机械的先进 ,而必须整体先进 ,特别是要从断面大小、坡度、岩性、地质条件和人员素质等因素出发 ,选择装备的机械化生产能力适宜于这些条件 ,才能发挥机械化的优越性。

表 8－7－12 按月成井速度要求的机械化配套

月成井	掘进断面 (m ²)	耙斗机斗容 (m ³)	箕斗容积 (m ³)	矸石仓容积 (m ³)
100 ~ 200	≤10	0.3	2	5 ~ 10
	> 10	0.6 ~ 0.9	4 ~ 6	10 ~ 20
200 ~ 300	≤10	0.3 ~ 0.6	2 ~ 3	5 ~ 10
	> 10	0.6 ~ 1.2	6 ~ 8	20 ~ 30
300 ~ 400	≤10	0.3 ~ 0.6	3 ~ 4	10 ~ 15
	> 10	0.9 ~ 1.2	6 ~ 8	30 ~ 40
400 ~ 500	≤10	0.6 ~ 0.9	3 ~ 4	15 ~ 20
	> 10	0.9 ~ 1.5	8 ~ 10	40 ~ 50
500 ~ 600	≤10	0.6 ~ 0.9	4 ~ 6	20 ~ 25
	> 10	0.9 ~ 1.5	8 ~ 10	50 ~ 60
600 ~ 700	≤10	0.6 ~ 0.9	6 ~ 8	25 ~ 30
	> 10	1.2 ~ 1.8	10 ~ 12	60 ~ 70
700 ~ 800	≤10	0.9 ~ 1.2	6 ~ 8	30 ~ 35
	> 10	1.5 ~ 2.1	10 ~ 12	70 ~ 80

四、大断面斜井施工

大断面斜井快速施工方面 ,80 年代取得了突破性成果。

(一)国内外施工概况

目前国内外施工多用钻爆法。国外大断面斜井掘进施工 ,日本成井速度较高 ,最高月进成井 352m(掘进断面 19.02m²)。苏联、法国等国家在斜井施工和装备上也各有特色。我国大断面斜井施工 ,阳泉、大同、丰城等局速度较高 ,见表 8－7－13。

表 8－7－13 国内外大断面斜井施工实例

国家	矿名	最高速度 (m/月)	平均速度 (m/月)	掘进断面 (m ²)	坡度 (°)	井筒全长 (m)
日本	南大夕张矿	352	—	19.02	16	—
澳大利亚	罗伯尔特矿	—	66.6	25.0	16	1200
苏联	拜达耶夫矿	81	58.14	22.0	—	—
中国	贵石沟矿	150.7	82	19.02	16	1140

国家	矿名	最高速度 (m/月)	平均速度 (m/月)	掘进断面 (m ²)	坡度 (°)	井筒全长 (m)
中国	四台沟矿	130.4	36.84	18.42	16	655
中国	尚庄一矿	52	38.5	21.55	22	1264
中国	新高山主斜井	376.2	275.2	15.02	16	950

(二)国内外施工设备配套形式

大断面斜井掘进施工主要施工设备配套各国不尽相同,概略有以下几种形式:

日本:多台气腿式凿岩机—侧卸式装岩机—装载机及大型矿车;

加拿大:凿岩台车—铲运机—自卸卡车;

法国:凿岩台车—耙斗装岩机—胶带转载及运输;

中国:多台气腿式凿岩机—耙斗装岩机—箕斗。

国内外资料说明,斜井掘进在今后相当长时期内仍采用钻爆法施工。因此,各国都在研究设备配套和施工工艺,改进设备性能和工艺方法,努力发展斜井掘进施工技术,加快斜井施工进度。我国在大断面斜井施工方面发展亦较快,已形成配套设备装运综合能力大、机械化程度高、机械维修量小、施工灵活机动、成本低、掘进速度快、施工安全可靠、易推广、好管理、等优点的斜井施工技术和机械化配套形式,并具有我国斜井施工特色,适合我国国情,在矿山掘进中能普遍推广应用。

(三)施工实例

现以马脊梁矿新高山主斜井施工为例。

1. 工程概况

马脊梁矿位于大同市西 35 公里,改扩建后成为一个设计年产 1.8Mt 的大型矿井。新高山主斜井是该矿井改扩建后的出煤井,它到底后通过直径 8m 的主煤仓与长约 5km 的运输大巷联接,是矿井建设的连锁工程。该井井口紧靠新高山集运站装车点,井筒内铺设宽 1m 的强力皮带,生产能力为 514t/h。

新高山主斜井设计斜长 950m,坡度为 16°,掘进断面 15.02m²,半圆拱形,锚喷支护,喷射砼厚 120mm。建成后担负年运输煤炭 1.8Mt 的任务。主斜井位于侏罗系大同煤系,煤层稳定,共计穿过 12 层煤,岩层以砂岩及页岩为主,岩石硬度系数 $f = 8 \sim 10$ 。该矿属低沼气矿井,煤尘具有爆炸危险,井筒涌水量约 5 ~ 10m³/h。

2. 施工方法及施工工艺

该斜井井筒采用钻爆法施工。

(1) 钻眼爆破

采用 YT-28 型气腿式凿岩机 ,工作面平均每 2.5m² 配置 1 台 ,共使用 6 台 ,2 ~ 2.4m 长的钎杆配用四点柱状合金钎头。根据岩性及施工条件的变化 ,灵活选用多种钎杆。为了缩短凿岩时间 ,放炮通风后 ,蹬矸快速在重要部位打锚杆作临时支护 ,然后尽快打上部眼 ,同时补打设计要求的锚杆 ,并在一侧清除岩石 ,打下部眼与另一侧清除岩石平行作业 ,循环作业如图 8-7-1 所示。

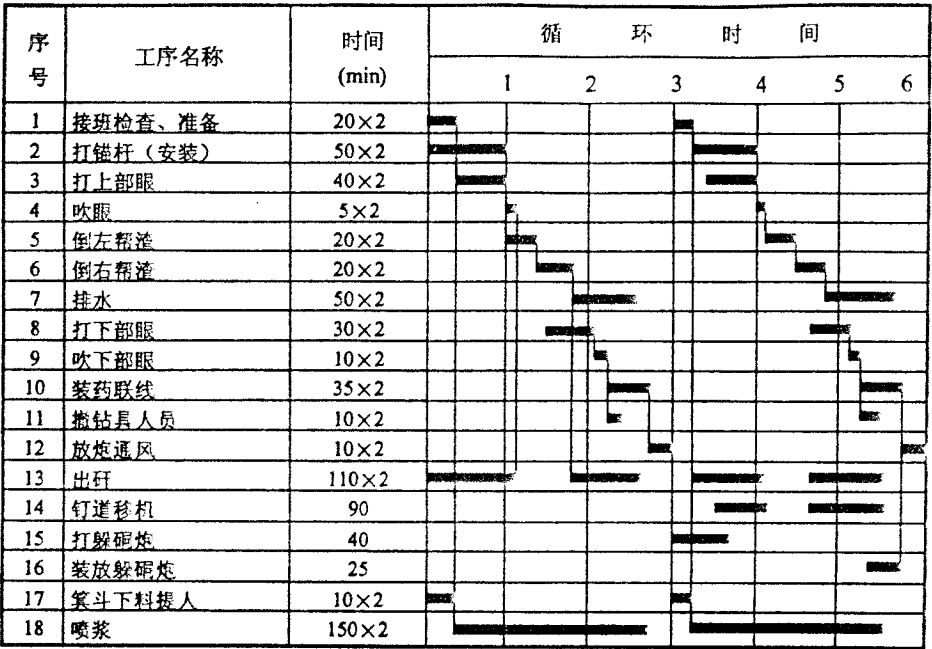


图 8-7-1 实测循环图表

在爆破方面 ,利用了山东矿院最新研制的微机优化设计爆破模型。为提高炮进水平 ,尽可能加深炮眼 ,使用直眼掏槽方式 ,底眼采用双排布置 ,周边眼采用空气柱式间隔装药 ,同时又灵活采用了正反向装药。

为了适应中深孔爆破施工技术复杂的特点 ,采用由大同矿务局化工厂为这次掘进制造的 1~8 段毫秒电雷管 ,选用 MFB-200 型发爆器和 4 号岩石抗水硝铵炸药。

(2) 装运

为了保证快速施工 ,确保正规循环的进行 ,用滚筒直径 3m 的绞车和 1.2m 耙斗的大耙斗机配合 8m³ 箕斗提运矸石 ,如图 8-7-2 所示。

采用先将矸石清除到巷道一侧后装矸的方式。用箕斗装运喷矸的回弹物和耙岩机

后的浮矸,尽可能避免箕斗闲置。箕斗提升时,采用提前打点的方式,即打点工在箕斗快要装满前,预先打点,待回铃时箕斗正好装满,即可提运。地面设有原西安矿业学院研制的 40m^3 大型矸石仓与自卸汽车配合排矸。矸石仓使用风动闸门,动作灵活,开启和关闭快,提高了装矸速度,同时有利于避免汽车超装矸石撒落的现象。

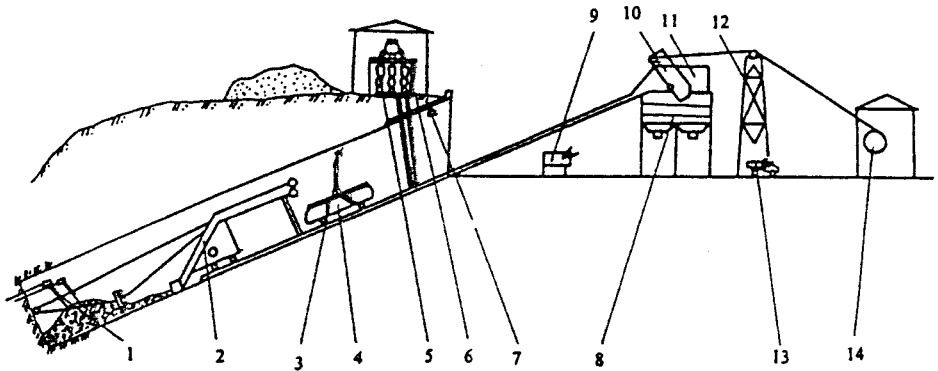


图 8-7-2 高山斜井井筒施工装备

- 1—凿岩机 2—装岩机 3—喷枪 4—喷射工作台 5—输料检测系统;
6—喷射站 7—激光指向仪 8—矸石仓 9—凿井绞车 10— 8m^3 箕斗 11—卸载架;
12—井架 13—自卸卡车 14—矸石提升机

(3) 支护

该井筒设计为锚喷支护,喷砼厚 120mm ,锚杆按每米 9 根布置,选用水泥锚杆。该锚杆安装方便,工人劳动强度小,价格低廉。喷射砼选用最新研制出的 PZ-5 型砼喷射机,长距离管道输料,实行潮喷。

一般以锚杆兼作临时支护。在过松软岩层或煤层时,可在工作面先喷 $30\sim 50\text{mm}$ 的砼,然后再打锚杆作临时支护。通常,喷砼作业距掘进工作面 $10\sim 15\text{m}$,特殊情况紧跟工作面。耙岩机后均喷至设计厚度。经实测,回弹率在 $15\%\sim 18\%$ 之间,粉尘浓度小于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

采用地面拌料,长距离管道输料,井筒深 700m 以下改用 WG-25 型砼喷射机,全井筒采用双机喷射。

输料管使用快速接头,加快了翻管接管的速度,降低了输料管的磨损,保证了长距离输料工艺的可靠性。输料管布置两趟,分布在井筒两帮底板,实现了两帮交叉喷射作业,避免了与其它工序间的互相干扰。一般喷射砼采用“二、八”作业制,与掘进的“四、六”制平行作业,特殊情况(即过松软岩层或煤层)时一天可占用 1.5h 单行作业喷砼。

(4) 其它辅助工序

通风 :采用单机压入式通风 ,选用 28kW 局扇。

排水 :井筒内设临时水窝接力排水 ,工作面配隔膜泵和移动水箱 ,由隔膜泵将工作面积水排至箕斗或移动水箱内 ,然后排至临时水仓 ,最后由此接力上排至地面水沟。

压风 :在地面距井口50m 处的压风站安设 5L - 40/8 和 4L - 20/8 各两台压风机向工作面供压风 ,选用 $\phi 76\text{mm}$ 钢管长距离送入工作面。

供电和供水 :采用双电源双回路供电。利用新高山临时泵站的水源 ,减压后送到井下。

测量 :选用 3 台 JK - 3 型激光指向仪测量 ,两台设在离拱顶 260mm 处 ,一台设在拱基线水平 ,距井帮 300mm 处。

综合防尘 :井筒内重点对喷浆时产生的粉尘进行治理 ,每隔 100m 设一道风水喷雾器和水幕 ,共四道。

施工装备详细情况如下 :

耙斗装岩机	P - 120B	1 台
提升机	2JK - 3/20	1 台
绞车	JK - 2	1 台
信号台	KJTX - SX	1 套
绞车信号	VTJX - 1	1 套
提升信号	TXH - 1	1 套
自卸汽车	KB212 - 8	2 辆
压风机	5L - 40	2 台
	4L - 20	2 台
喷浆机	PZ - 5	3 台(用 2 台 ,备用 1 台)
	WG - 25	2 台(备用)
凿岩机	MFB - 200	10 台
抗噪音电话	TA - 0649 ,QOB - 15N	3 台
隔膜泵	KT - 1009.1	3 台
激光指向仪	JK - 3	3 台
定量调配机	LJP - 1	2 台(与 PZ - 5 机配套使用)
喷雾器	自制	4 台
风机	JBT - 62 - 2	2 台
雷管电阻仪	DZ - 1	2 台

工业电视	PIH - 1200	2 台
微机	IBM - PC/XT	2 台
X - Y 绘图仪	DXY - 1200	1 台

3. 经济效果

该井筒快速施工期为 3 个月,共成井 825.5m,平均月成井 275.2m,为全国平均水平的 6.9 倍。劳动生产率为 0.26m/工,为预算的 6.75 倍,井筒工程质量全部优良,最高月成井超过了日本幌南的 352m 大断面斜井施工记录。

整个井筒定额工期 41.3 个月,提前 32.3 个月完工。3 个月预算成本为 300.3 万元,实际发生成本为 220.66 万元,节约直接投资 79.64 万元。

在大断面斜井快速施工中,选用了滚筒直径 3m 的大提升机、8m³ 箕斗、1.2m³ 大耙斗、40m³ 大矸石仓及翻斗汽车等为主的机械化配套作业线。该作业线综合能力大,速度高,性能可靠,在国内组织大断面斜井施工中有推广价值。

装提工序在循环时间中占比重较大,一般在 40% ~ 60% 之间,而本工程占 89% 之多,所以装运提升设备选型需特别重视。提升设备选用 3m 提升绞车,装岩选用了上海煤矿分院新研制的耙斗斗容 1.2m³ 的 P120B 型耙斗装岩机,运输设备采用了陕西煤研所新设计的 8m³ TQJ - 8 型前卸式箕斗并配合西安矿业学院研制设计的 40m³ 大型装配式矸石仓。据施工实测,装运提升能力在 500m、900m 区段分别为 43.5 ~ 44.5m³/h 和 38.5 ~ 39.3m³/h,比国内的装提综合能力 24.6 ~ 27.5m³/h 平均提高 49.3%。由此可见,这套装提配套设备能满足快速施工的要求。

采用中深孔爆破,改善爆破效果,以凿岩时间占循环时间的比率相对最佳为依据。将炮眼深度最浅定在 2m,施工中按设计的循环图表比较平稳正常时,逐渐加深炮眼(2.1m、2.2m、2.3m、2.4m),取得了良好的爆破效果。在高产期间,实测平均炮眼深度为 2.03m,平均进尺 1.93m,炮眼利用率为 95%,最高一炮进尺 2.3m,而循环时间可不变,可使最高月进尺净增加 37m,这样月成井突破 400m 大关应是没问题的。

快速施工中,从爆破图表的设计到装药放炮工序的进行,较过去均做了大量的改进,首先在爆破图表设计上,应用微机辅助设计,随着地质条件的变化,及时调整爆破图表,让有关人员及时了解和应用调整后的爆破图表,指导钻爆工作合理进行。

另外,采用了先进的现代化管理技术,应用了微机管理系统。从工人到管理人员,从工序作业到循环图表编排,均为实现正规循环作业、提高正规循环率创造了条件。据统计,高产的 6 月份 30 个工作日完成循环 199 个,正规循环率达 88.44%,超过了可行性研究提出的 85% 和施工组织设计提出的 87% 的目标。

这套大断面斜井的施工机械化配套作业线和施工工艺,将我国大断面斜井的施工速度提高到了新的阶段。它证明只有靠机械化配套和科学管理,靠科学技术的进步,才能实现斜井施工的稳产高产,这才是斜井施工的发展方向。

五、提高机械化作业线正规循环率措施

要从缩短各工序循环时间着手,抓住两个矛盾,一个是缩短主生产系统的工序时间,二是缩短辅助系统影响时间。一般用实测法找出每一道工序的单独占用时间,然后进行分析,找出缩短的办法。斜井机械化作业线钻装运占用时间最长的是打眼和装岩,打眼占 20% ~ 30%,装岩占 40% ~ 60%,其它工序如装药、联线、放炮、通风、移动设备等,只占总循环时间的 20% ~ 30%。

(一) 缩短打眼时间

缩短打眼时间,提高钻眼速度必须采用多台风钻打眼,选用高频风钻,对风钻的维护质量要高,坚持每班注油,风压、水压必须保持适当。凿岩机零配件齐全,每班必须擦洗。提高打眼的技术水平,统一指挥,互相配合。先进行临时支护后打眼,先上部眼后下部眼,并采用工人“五定”打眼法。

(二) 提高装岩效率增大装提综合排岩能力

巷道断面可能的情况下,应尽量选用装岩能力大的耙斗机。用前必须固定牢,操作司机要技术熟练,耙斗机的检修工作应有专人负责,做到勤注油、勤换闸皮、勤紧螺丝。勤移动耙斗机,尽量缩短耙斗耙碴距离。

(三) 提高工序间平行作业率,减少各工序占用总循环时间

从斜井机械化作业的配套形式,工作面多台风钻打眼与排水、装岩可平行进行,运输提升与耙斗机后喷射砼平行进行,工作面清底与巷道清理回弹平行。箕斗提岩与下运材料平行作业进行。耙斗机固定与检查巷道规格、吊挂风筒、接风水管、接电缆线平行,移耙斗机与移其它电器设备和电缆吊挂平行进行。工作面装药联线与检修耙斗机平行进行。炮后工作面处理顶板与其它工作准备平行进行,工作面喷浆与外部其它工作平行等,把单独绝对占用时间减少到最低程度。大同矿务局马脊梁矿新高山主斜井快速施工中,工序平行率达到了 67%。

(四) 施工实例

铜川煤炭基建公司在掘进下石节平硐二采区回风斜井施工中,1974 年创月掘进 705.3 米的优异成绩。

该回风斜井是二采区的主要回风井,设计全长 1100m,坡度为 14°47',井口以下 430

米后变为 19° ,掘进断面为 9.32m^2 。该斜井穿过岩层为三叠纪延长群砂岩、砂泥岩、侏罗纪花班泥岩 ,岩层倾角 20° 左右 ,基岩涌水不大。永久支护采用 150mm 厚的喷射砼。在施工中主要采取了以下措施 :

- (1) 采用了全断面一次抛碴爆破 ;
- (2) 深孔光面爆破 ,小三角柱状楔形混合掏槽 ;
- (3) 自行改制 ZYPD - 1/30 型平巷斜井两用耙斗装岩机 ,斗容 $0.6 \sim 0.7\text{m}^3$,实际装岩能力达 $100 \sim 140\text{m}^3/\text{h}$;
- (4) 自行设计制造 4m^3 前卸式无卸载轮箕斗提运矸石 ;
- (5) 双机多管路喷射砼与掘进平行作业 ;
- (6) 喷射砼紧跟工作面 ,配合锚杆临时支护 ;
- (7) 喷射砼采用远距离输料 ;
- (8) 两台激光仪指示中腰线 ;
- (9) 采用混合式通风 ,以便尽快地排除炮烟 ;
- (10) 10m^3 双闸门滑坡矸石仓 ;
- (11) 地面环形排矸道 , $0.8\text{m}^3\text{V}$ 型矿车排碴 ;
- (12) 5L - 40/8 永久压风机供风 ;
- (13) 4 英寸钢管、管箍接头敷设压风管路 ;
- (14) 综合工作队 ,实现多工作面、多工序平行交叉作业 ;
- (15) 采取正规循环作业。

六、机械化作业线施工安全措施

(一) 合理使用和布置施工设备

由于施工高度集中 ,机械设备多而大 ,巷道空间利用率及施工设备合理使用和布置是非常重要的。安全规程要求 ,巷道必须有人行道宽度。因此、装碴运输、提升要以偏中心布置 ,与中心线偏移量经验数为 $200 \sim 300\text{mm}$ 。风筒吊挂在人行侧 ,拱形巷道吊挂高度位于拱基线上部 ,矩形巷位于顶角部 ,即便于管理和吊挂 ,又不影响空间。另外 ,人行道一侧巷道较宽 ,距底板高度 $300 \sim 800\text{mm}$ 内 ,采用短锚杆固定吊挂压风和供水管路 ,吊挂间距 $5 \sim 6\text{m}$ 。激光布于正中心。喷砼管一般沿底板两帮浮放 ,所有吊挂管路和风筒采用活动式 ,以保证喷砼时更换、移动顺利。排水管路、电缆、信号线、吊挂于非人行侧 ,水管高度大于 200mm ,采用简易支承架形式靠帮架设。动力、信号及照明电缆应高于 1000mm 以上均匀间隔 ,整齐吊挂 ,采用吊勾形式(施工临设吊挂标准) ,间距 $6 \sim 7\text{m}$ 。这

样可以方便信号、水泵供电,以及信号、通讯、照明电缆的统一布置,每 100m 一纽声光信号,每 30~50m 设一个白炽防爆照明灯。

(二)准备工作必须到位

在施工过程中,各项准备工作必须做彻底,如轨道铺设必须平直垫实。枕木间距不大于 1000mm,并每 8~10m 一组轨距拉杆,经常性维护,清理道心矸石,以防箕斗掉道。特别是人行道必须清理干净,畅通无杂物。

(三)必须有可靠的防跑车装置

斜井箕斗提升运输的防跑装置,因具有不摘钩的特点。一般是井口安挡车提杆,用工字钢制作,要牢靠,由井口打点工操作。井下紧跟耙斗机后设挡车栏,用直径 25~28mm 的旧钢绳制作,由井下打点工操作。

(四)按要求建好躲避峒

躲避峒应设在人行道一侧,每 25~30m 一个,深 3m 高 2m,既作为行人安全躲峒,又作为放炮安全硐,放炮员拉线吊挂应远离风水管路等导体 500mm。

(五)加强长距离输料喷射砼的管理

长距离输料喷射砼与运输平行作业中喷枪操作人员必须不少于 2 人,其中一人监视箕斗运行,同时负责与搅拌站联系。箕斗应挂指示灯,或者采用喷射砼聚光灯,箕斗运行电铃及鸣笛报警装置。

斜井采用井口搅拌站长距离输料,与运输提升平行作业,保证长距离输料与井下喷射作业点要有电话与信号两套联系装置。风筒后与管路后喷砼,可采用活动吊挂法,未喷成巷前,管路吊挂低些,边喷边吊挂至施工要求高度。应避免出现吊挂物管后欠喷砼的质量问题。

(六)严格按规程实施爆破作业

快速施工中,为了减少装药联线时间,采用边打眼边装药的方法,但应有严格的操作规程和保证安全措施,经本单位总工程师批准,只限于无电动打眼机具,打下部眼装上部眼药,下部眼装药及联线必须待打完全部眼后才能进行。

(七)利用先进手段监控施工过程

采用工业电视监视,微机跟踪管理。工业电视监视井口桥台箕斗卸载,绞车司机可提高操作准确程度。井下监视系统可以提高调度指挥的及时性、准确性,使施工生产和安全管理走向现代化、科学化。

第八章 大倾角斜井施工

由于山区地形和煤层开拓条件等的限制,常出现斜井倾角 25° 以上,到 35° 甚至更大。大倾角给斜井施工带来很多具体困难。

同时,大倾角强力皮带运输机的使用使得皮带运输斜井设计有了新的突破,由原来的不大于 18° 发展到当前的 25° 。大倾角上运皮带运输机已在平顶山、鹤岗、华亭等多个矿区成功应用,最大倾角 25° 。

第一节 施工技术与工艺

与倾角小于 25° 的斜井相比,大倾角斜井施工可探讨以下几方面的技术问题。

一、防止丢底

斜井掘进常有丢底现象,不及时起底,铺轨后则返工量很大。掘进时炮眼布置,是按掘进断面尺寸设计的,理想的掘进工作面应是垂直于井筒轴线,而实际上一一般是铅垂的,与井筒轴线夹角小于 90° 。对一般 16° 左右倾角的斜井,两者相差不大,而不被人们注意。但对大坡度斜井差别就大了。如 35° 斜井,若炮眼尺寸按铅垂布置,则掘进高度小了 18% ,即掘高 4m 时,实际掘高小了 720mm 。以腰线为准,腰线高 1m 时,则实际底板比设计高出 220mm 。因而斜井掘进炮眼布置,要明确迎头断面是铅垂的,还是垂直井筒轴线。前者底眼爆破时围岩夹制性系数大,爆破效果差,故以后者为佳。

由于斜井与平巷相比有一个倾角,使打眼角度不好掌握,底眼深度不够。又因工作面常积水,使眼口位置不准,还容易发生瞎炮。因而底眼应使用防水、高威力的水胶炸药。采用气动隔膜泵排水,钻眼装药时可继续排除积水。

二、钻眼工作

平巷用气腿凿岩机打眼最为方便。倾角大的斜井打上半部眼容易,但眼位易上漂;打下部眼操作不方便,且拔钎较困难。故大倾角斜井采用中深孔,即炮眼深度 2.5 米左右较为适宜。根据施工队伍情况,也可以取炮眼深度 1.5 ~ 2.0m。

三、改装耙斗装岩机

耙斗机原用于平巷装岩,由于其适应性强,已为斜井施工广泛采用。一般斜井倾角为 $16^{\circ} \sim 20^{\circ}$,经采取加强机体防滑等措施,可用于 25° 斜井。超过 25° ,特别超过 30° 时便要进行改装。例如,井筒倾角 35° 时,与平巷施工条件相比较,变化较大,耙斗机卸料槽由 10° 增至 45° ,中间槽由 14° 增至 49° ,簸箕口及边接槽由 25° 增至 60° 。因而现有耙斗机难于使用于大坡度斜井施工。

为了适应于大倾角斜井施工装岩,耙斗机卸料槽、中间槽、簸箕口及边接槽均需减小坡度 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。以 P30B 型为例,将前支柱抬高 360mm,在簸箕口与边接槽之间,加设一节边接槽,其长度 2840mm。此外,调整耙斗结构,改为箱形,插入角为 $65^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 。为防止机体下滑,可配大卡轨器,或用锚固在井帮的牵引钢丝绳将后支架拉住。改装后的耙斗机卸载槽加长,可与箕斗配套使用。

关于耙斗装岩机在斜井使用中的倾角上限问题,许多论著提到为 30° ,个别文献提到 35° 。对于目前广泛应用的 P 型耙斗机,耙斗为耙形结构,作者经分析、调查,考虑其适应范围应为:对于软岩,如泥岩、沙质泥岩等,其上限在 28° 左右,如有涌水则为 25° ;对于硬岩,耙斗可存住矸,其上限可到 30° 以上,国内目前已有用于 32° 的实例。但是,当倾角大于 25° ,特别是超过 30° 时,耙斗装岩机的装岩效率有较大降低。

目前的主要任务是研制大倾角斜井的机械化装岩设备,如前面介绍的国外适用于 40° 左右倾角的装岩机等。我国应抓紧这方面的研制工作,在大倾角斜井施工机械化配套方面创出一条新路子。

四、清底

斜井清底工作随其倾角的增大,难度不断增大,占时加长。倾角大,底眼爆破的夹制

作用也增大。理论上讲,掘进的工作面应与底板垂直,即两者夹角为 90° ,而实际上工作面多为铅垂,这样,两者夹角小于 90° 。斜井倾角越大,此夹角越小。这样,两个面所夹的角部矸耙斗装机难于耙到,加之工作面常有积水,使清底所占循环时间加长。

五、改进箕斗结构

斜井倾角大于 25° ,应使用箕斗提升,以保证运行安全和装满率。有时受井口地形影响,不能使箕斗卸载栈桥减小坡度,而不适用于前卸式箕斗,以免卸载时翻转力矩过大和不便复位。后卸式箕斗能适应在大坡度栈桥上卸载,并克服了复位慢的缺点。

现有后卸式箕斗有两对突出的卸载轮,有运行安全性差的缺点,并不能兼做排水。为此可设计无卸载轮后卸式箕斗。其特点是以导向轮代替卸载轮,使容器两侧无突出部分,扇形闸门为辊排式,并设有胶帘,密封性好,能提升工作面潜水泵排入的污水,节省了转排水设备、水仓和峒室。其卸载原理是,箕斗至卸载装置处,提升框前端之导向轮使提升框抬起,同时经连杆开启后部闸门。提升框上设有闭锁销,卸载时才能抬起。行走轮至卸载装置后,轨面抬高 45° 坡度,便于箕斗排溜矸石。

六、管路运送矸

喷射矸支护的斜井,倾角大小对支护工作无影响。

对于采用现浇矸支护的大倾角斜井,可考虑用管路输料。

以矸泵为压送动力输送矸,能简化施工工艺,减轻工人劳动强度,增加矸浇注的密度。

矸泵有电动挤压式、水压隔膜式、风动单罐式等,其中以液压活塞式应用广泛,国产型号 HB 型,例如,HB-30 型输送管路内径 150mm,料斗容量 0.3m^3 装在泵的上部,斗内叶片由电动机经行星摆线叶轮减速器及链条驱动,以 10r/min 的转速对即将运送的矸进行复拌。然后使矸通过球阀向泵缸喂料。泵上所装的空压机用于工作结束后清洗机器和清除管路中矸。其运转由电动机后部的离合器控制。

土建工程中使用矸泵管路运输矸技术成熟,泵体性能可靠。用于斜井下行输料, 35° 斜井输料管路可达 900m。HB-30 型适用于矸坍落度 $5\sim 23\text{cm}$,骨料最大径粒 $40\sim 50\text{mm}$,电机功率 $37\sim 45\text{kW}$,外形尺寸 $3620\text{mm}\times 1300\text{mm}\times 1160\text{mm}$,小时输送量 30m^3 。可以较好地解决现浇矸支护的下料问题。

七、滑模支扩

滑动模板与泵送矸相配合,进一步完善斜井施工设备配套。滑动模板设计可为整体

式可收缩型。模板宽 3m 左右,两侧下端设置有 4 只行走轮,可在井筒底板专设的轨道上移动。模板的滑动动力采用风动(或电动)起重葫芦,并将其安装在模板外侧,沿四周均布。起重葫芦一端固定在模板骨架上,另一端牵引短钢丝绳,钢丝绳卡固定在上段井壁生根钩上。滑模支护段高,可以每月进尺为准。

第二节 施工实例

国内目前大倾角斜井施工实例不多,现介绍达竹矿务局金刚矿新主斜井和观台矿箕斗斜井的施工情况。

一、金刚矿新主斜井

(一)主斜井概况

金刚煤矿延深工程主斜井,设计坡度 35° ,斜长 396.39m、三心拱断面,掘进断面积 18.47m^2 ,200 # 素砼支护。

该井筒穿过的岩层以紫红色泥岩和砂质泥岩为主,夹灰绿色泥岩和粉砂岩, $f < 6$;局部有砂岩, $f < 10$ 。岩层节理裂隙发育,量大涌水量 $8\text{m}^3/\text{h}$ 左右。

(二)凿岩爆破

采用普通钻爆法施工,7655 型风钻。楔形掏槽,眼深 1.4m。采用 2 号岩石销铵炸药,顶眼比设计坡度小 $1^\circ \sim 2^\circ$,底眼比设计坡度大 $3^\circ \sim 5^\circ$,并加深 0.1 ~ 0.15m。

大坡度斜井打眼遇到的首要困难是不好控制炮眼角度。在施工中,制作了木制炮眼角度控制仪,如图 8-8-1 所示。当小铁球 5 保持铅垂时,即表示炮眼角度符合要求。另一个是打底眼困难大,拔钎难,施工中对底眼控制不理想,底板欠挖。打眼与人工出矸干扰不大,对循环作业时间影响很小。

由于坡度大,爆破后的工作面不是图 8-8-2 中(a)的形式,而是形成了(b)的形式。有时是以(b)所示工作面往复下掘,其好处是节省了一些清底时间,缺点是底眼眼底难于大致落在一个面上,深的深,浅的浅,影响爆破效果,影响进尺。

(三)装岩与提升

井筒倾角大,无合适的机械化装岩设备,采用人工出矸,加之掘进断面大,出矸成了施工的主要矛盾,是制约进尺的关键因素。

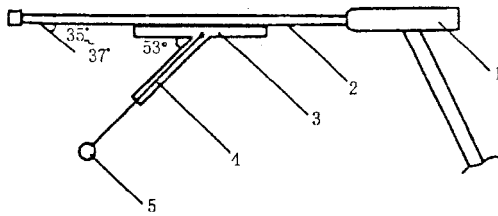


图 8-8-1 炮眼角度控制器示意图

1—凿岩机 2—钎杆 3—角度控制器 4—校正刻槽 5—小铁球

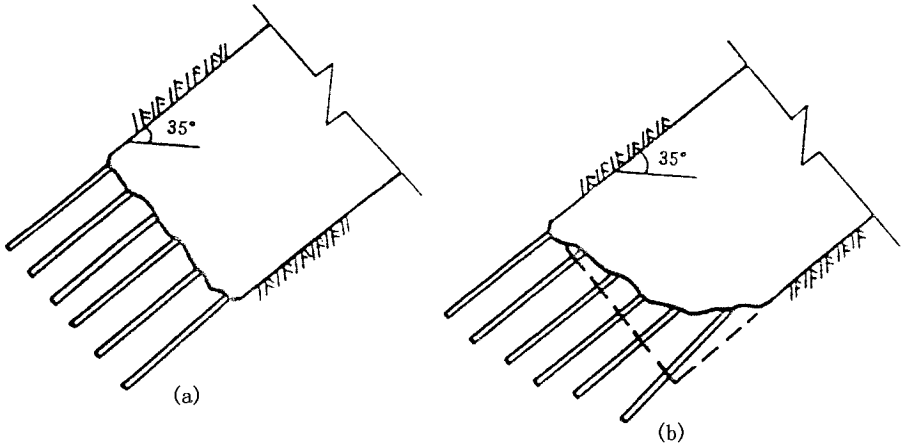


图 8-8-2 工作面推进方式示意图

(a)—理想推进方式 (b)—实际推进方式

据井下实测,12个人左右,平均每15min,可装满 2m^3 箕斗,最快8min可装满一斗。和小倾角斜井施工中耙斗装岩机相比,人工出矸综合效率大约为耙斗装岩机的30%左右。

清底在该斜井施工中很困难,占时长。其原因:第一,岩层软、裂隙发育,底部爆破成形难于控制,两帮常常超、欠挖,底板则欠挖;第二,岩层为泥岩和砂质泥岩,破岩后,人工出矸持续时间长,泥岩遇水膨胀、粉化沉淀,粘在底板上形成再生底板。清底时其粘结性强,塑性大,用风镐踩或钎子剥效率均十分低,铁锹又铲不动。特别是要清成图8-8-22中(a)的形式,清底时间更长;第三,工作面积水也影响清底速度。

鉴于井筒坡度为 35° ,施工时采用自制 2m^3 箕斗,1.2m单滚筒绞车提升,井筒上坡口设置施工卸矸仓一座,容积 10m^3 和天轮架联合布置。卸矸仓配备手动闸门控制放矸,由1t矿车并入矿方现生产运输线。这套提升系统满足了提矸要求,提升能力与人工装岩相比有富裕,但支护时下放矸料速度较慢。

(四) 支护

每茬炮后,在迎头空顶打钢丝绳注浆锚杆,长1.6m,间距 $800\text{mm} \times 800\text{mm}$,作为临时

支护,不留空顶、遇到破碎地段打管缝式锚杆挂网且喷砂浆封闭。

永久支护是在井口安置强制式砼搅拌机一台(0.4m^3)。搅好的砼料由下料斜孔自溜入箕斗并下放到成巷地点,人工分送模板内,从下至上,先浇完墙,再浇拱部。

墙体部分搭钢管架固定模板,模板采用土建用钢模板。墙模安放在硬底,先铺一层定位砂浆,并保证模板与钢管架靠实,且外形尺寸与中心位置准确。拱部采用轨道钢有腿碇胎,承载能力大,搭拆方便,复用率高,使用10cm的槽钢做成长1.5m的胎条,用黄泥抹缝。

这套支护实施方案是成功的,有利于成巷速度的提高,原作业规程安排每月掘15天,成巷15天,后在施工中成巷多为12天左右。但模板的固定难于严格控制,有时浇砼时有位移,浇出的井筒表面有错茬。

(五)排水

工作面用潜水泵排到水窝,再用卧泵排至地面。

潜水泵常用电动的,电潜泵使用并不很理想,主要原因:泵的质量不高,易坏,机体易带电,遇砂岩,砂粒吸入叶轮腔内,电机常被烧;装药连线的几十分钟内不能使用,积水给底眼的吹眼,装药带来困难,也影响爆破效果,排水能力有限,实际能力在 $10\text{m}^3/\text{h}$ 以下。也使用过风动潜水泵,存在问题:叶轮同样会遇泥砂堵塞,排水能力小,不如电潜泵效率高;为一台风动潜水泵给井筒长期供压风很不经济,溅水现象严重,打湿工人衣服,还因噪声大严重影响作业环境,影响人工出矸、打眼等工序的正常开展。

对井筒内的涌水、淋水,掘进、支护时采用了“堵、截、导、排”的综合治理,但如上所述排水效果不很理想,水害严重影响了工人的劳动情绪,影响施工速度又影响了施工安全。泥岩遇水后,顶板管理十分困难,曾一度严重危及施工安全。不得不把每月掘半月成巷半月的作业方式改为短掘短砌。这样打乱了作业计划增加了辅助工作量,影响进尺。

(六)辅助设施

前期用5.5kW局扇,风量不足时换11kW局扇,压入式, $\phi 500\text{mm}$ 胶皮风筒。安设激光指向仪,标定中腰线。以 $\phi 100\text{mm}$ 压风管供迎头用压风, $\phi 50\text{mm}$ 水管供防尘水。井口设临时变电亭, 25mm^2 电缆供动力电,工作面设声光信号直达井口,井口声光信号通提升机房。井口与调度室用电话联系,施工期间铺设铁踏梯一趟,挂铁管作扶手。

(七)作业循环安排

考虑到井筒倾角大,掘进断面大,人工出矸,循环图表中安排两个小班一循环,工作时间采用“四、六”制,掘进成巷单行作业,计划月成井25m。

循环时间安排中充分考虑人工出矸劳动强度大,速度慢的特点,出矸安排360min,占

总循环时间 720min 的 50% ,打眼安排 270min ,占总循环时间的 37% ,临时支护 40min。其余时间为交接班 ,安全检查 ,装药联线及放炮排烟。

后经在井下实测 ,装岩一般占到总循环时间的 60% 左右 ,另外还有清底时间。打眼占总循环时间的 30% 左右 ,打眼单独占时间不足一小时。临时支护一般占 1 小时左右。施工中在组织好人工出矸的情况下使各工序平行交叉作业。

(八)对金刚主斜井施工分析

该斜井从 1990 年 7 月份开始下掘井筒 ,1991 年 8 月到底。提前 42 天完工 ,主要技术经济指标如下 :

炮眼深度	1.4m
炮眼利用率	85%(遇含水层达不到)
循环进尺	1.19m
正规循环率	82%(遇含水层达不到)
单位炸药消耗量	1.54Kg/m ³
掘进工效	0.92m ³ /工·日
砌壁工效	0.23m ³ /工·日
计划月成井	25m
实际平均月成井	27.6m
最高月成井	42.1m(1991 年 6 月)
优良品率	77.3%
每米井筒造价	4013 元
比计划提前完工	1.4 月

从施工过程看 ,此大坡度、大断面斜井施工方案可行 ,施工设备配套合理 ,积极推行光面爆破 ,使用了炮眼角度控制器 ,解决了大坡度斜井打跟问题 ;临时支护紧跟迎头 ,在泥岩施工中保证了安全 ;井口采用封闭式挡车栏栅 ,迎头设置移动式挡车栏 ,安全优质地完成了施工任务。

施工中都是人工装矸。但在井筒开工之前 ,川煤六处就与原西安矿业学院合作积极动手对 P30B 型耙斗装岩机进行改装。金刚主斜井 35°倾角 ,与平巷相比变化很大 ,改装方案为 :卸料槽、中间槽、簸箕口均减小坡度 10°~ 15° ,耙斗插入角调为 75° ,并加强了防滑设施。经在井下实际使用 ,效果不理想 :一是耙不上矸 ,一边耙 ,一边往下滚 ;二是耙上矸后 ,现用的耙斗形式存不住矸 ,耙斗行程底面凹凸不平 ,运行过程中抖动易将耙斗内矸石抖掉。其根本原因在于耙斗结构形式不适应。因无合适的耙斗(如箱形的) ,用人工装

研。

从金刚主斜井施工中可以看出大坡度斜井要解决的几个问题：

首先，施工中易使底板欠挖，造成丢底，这给清底、辅轨造成困难，增加了循环作业时间，要探索保证底眼爆破效果的途径；第二，要积极研制适应倾角大于 30°的斜巷的装岩设备，像金刚主斜井，或有适宜的机械化装岩设备，一般 3min 便可装满 2m³ 箕斗，比人工 15min 装满效率提高几倍；第三，对于现浇砼支护的大坡度斜井，管道输送砼拌合料也应是一个发展方向。金刚主斜井使用强制式搅拌机，搅拌一次、箕斗下料一趟，影响了浇筑井壁速度。采用砼泵管路输送砼，能连续下料，且可避免人工人模劳动强度大的问题；第四，从现场观察，主斜井 2m³ 箕斗的装满率在 0.7~0.8，可考虑研制新型箕斗，以利安全，增大提升能力，适应大坡度。

二、观台矿箕斗斜井

观台矿箕斗斜井全长 844.7m，倾角 32°，净断面 14.62m²，掘进断面 15.9~19m²，永久支护采用料石、现浇砼和锚喷 3 种形式。基岩段 769m，主要是砂岩为主的相互地层。中煤第一建设公司 31 处于 1995 年 8 月至 1997 年 8 月进行施工，主要机械配套如下：

提升绞车	XKT1×2×1.5B-20 JD40	各 1 台
提升箕斗	3m³ 无卸载轮前卸式	1 个
矿车	1t	—
凿岩机	YT-23(7655)	8 台
耙斗机	P-60	1 台
搅拌机	JZM350	2 台
喷浆机	ZPG-IV	2 台
压风机	LW20/7	2 台
局扇	JBT-62-2 JBT-52-2	—
水泵	100D45×6 BQF-30/25 点泵	2, 1 台
激光指向仪	—	—

该斜井施工取得了平均月进尺 53.47m、最高月进尺 74m 的好成绩，安全无事故，工程质量全优。

观台箕斗斜井比金刚箕斗斜井的平均施工速度快了近一倍，其技术关键在于实现了装岩机械化。这为 30°左右的大倾角斜井施工积累了宝贵的经验。

第九章 斜井延深

第一节 施工方案

为了保证矿井正常的生产接续,形成新的更深的生产水平,井筒需要向下延长,在矿山建设中称为延深。斜井延深可分为两大类,即在现斜井的底部下延的原位延深法和在井下现生产水平另行开凿暗斜井的延深法。主、副井多采用原位延深法,以减少生产提升环节。

有的矿井因地质条件或现有井筒本身所限等原因采用从地面开凿新的斜井以达到延深目的,这与一般斜井施工并无区别,这里不再介绍。

斜井井筒延深施工按工作面推进方向分以下三种施工方案:

- (1)上山延深法;
- (2)下山延深法;
- (3)上、下山同时延深的混合法,即上下贯通延深。

斜井延深施工按延深与生产的关系分以下三种施工方案:

- (1)不停止生产提升进行延深;
- (2)利用其中一套生产提升进行延深;
- (3)全部停止生产提升进行延深。

各矿可根据实际情况,在处理好基建与生产的关系且满足延深要求的情况下加以选择。

第二节 保护设施

一、固定式保护设施

(一) 保护岩柱

设置在生产水平以下,延深车场的上方,作用是阻止上部井筒生产提升容器及其它物件滑落到延深工作面,如图 8-9-1 所示。

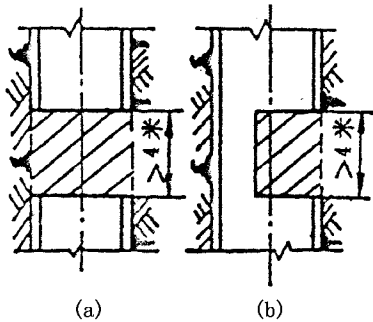


图 8-9-1 保护岩柱结构示意图

a—全断面岩柱 b—非全断面岩柱

保护岩柱长度不小于 4m。适用于中硬以上岩层及倾角 30°以下的斜井。

(二) 木垛式

木垛高不小于 4m,木垛下方打顶柱,木垛用扒钉固定。所用圆木直径不小于 200mm,如图 8-9-2 所示。

适用于倾角小于 30°的斜井。

(三) 钢柱排木式

钢柱迎面从底板到顶板钉一排圆木,钢柱下方打斜顶子加强支撑,钢柱与圆木顶柱之间用钢筋箍螺栓固结,如图 8-9-3 所示。适用于倾角小于 30°的斜井。

(四) 吊桥

吊桥安装在斜井与上部甩车场的岔口处,利用电动绞车牵引起落,既能防止生产提升容器滑落到延深工作面,又能维持上部甩车场作业,使延深掘进与生产同时进行,干扰

小,如图 8-9-4 所示。

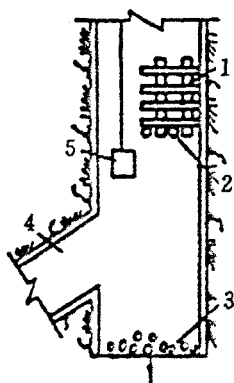


图 8-9-2 木垛式保护设施示意图

1—木垛 2—顶柱, $\phi 220\text{mm}$;
3—延深工作面 4—用车场 5—矿车

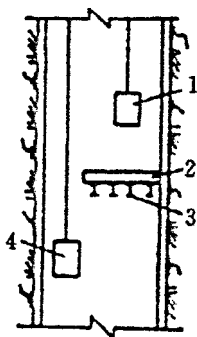


图 8-9-3 钢柱排木式结构示意图

1—生产提升矿车 2—排木, $\phi 220\text{mm}$;
3—钢柱 45kg/m 4—延深提升矿车

吊桥延深法适用于倾角小于 20° 的斜井,广东省石鼓煤矿用过,效果良好。

二、移动式保护设施

移动式保护设施随延深工作面的推进向前移动,与工作面保持 $10 \sim 30\text{m}$ 距离。作用是阻止延深提升容器及其它物件滑落到工作面。

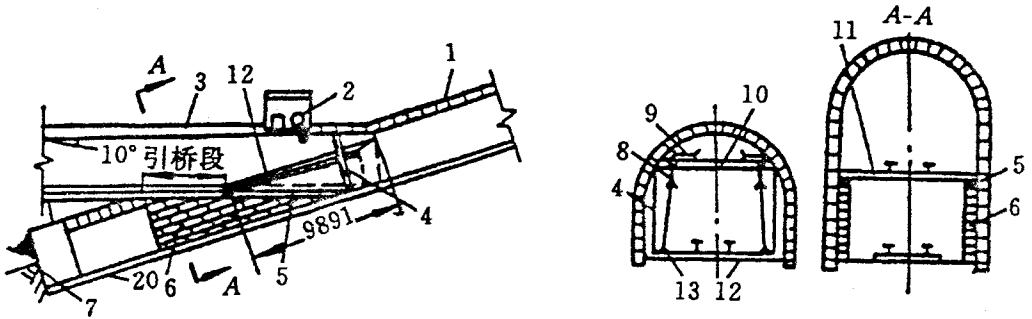


图 8-9-4 吊桥延深示意图

1—上段生产井筒 2—吊桥提升装置 3—上部甩车场 4—导向轨；
5—纵向方木 6—承桥墙 7—延深工作面 8—起吊滑轮 9—导向滑轮；
10—起吊横梁 11—引桥枕木 12—吊桥 13—吊环

第三节 提升方式

一、利用生产绞车直接提升下山工作面矸石

提升方式 利用生产绞车直接提升下山工作面矸石 ,如图 8-9-5 所示。
布置要求 利用生产绞车直接进行延深 ,矸石提升到地面 ,或由井下中间水平转载。

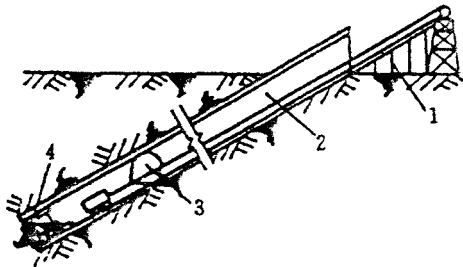


图 8-9-5 利用生产绞车直接提升

1—地面卸载栈桥 2—斜井井筒 3—生产水平甩车场 4—延深工作面

优点 利用永久设施延深 ,不用安新绞车 ,节省工程量 ,缩短准备时间。

缺点 :生产提升与延深提升相互干扰 ,随着延深距离的加长 ,提升时间增加 ,对生产影响更加突出。

适用条件 :生产绞车有富裕的提升能力 ,其钢丝绳长度能满足延深要求。

二、利用延深绞车提升下山工作面矸石

按延深绞车布置方式又可分为三类。

(1)延深绞车布置在井筒内 ,并在生产水平车场上方的对侧

布置要求 :延深绞车提升延深工作面矸石甩到车场 ,由生产绞车拉串车转排 ;
必须在延深绞车上方设保护设施 ,如图 8-9-6 所示。

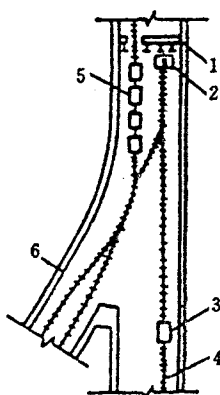


图 8-9-6 延深绞车在生产车场上方

1—保护设施 2—延深绞车 3—矿车 4—延深斜井 ;
5—生产绞车提升矿车 6—车场

优缺点 :不必开凿专用绞车硐室 ,提升能力小。

适用条件 :生产提升机提升能力有一定富裕但钢丝绳长度不能满足延深要求时适用。

(2)延深绞车布置在生产车场上方一侧的专用硐室中布置要求 :延深绞车的钢丝绳经导向轮引向延深井筒 ,导向轮与车场道尖的距离为提升矿车总长加上过卷距离(一般为 6m) ;专用绞房有两个出口 ,如图 8-9-7 所示。

优缺点 :提升能力较大 ,要开凿专用绞车硐室 ,准备时间较长。

适用条件 :生产提升机的提升能力有一定富裕但钢丝绳长度不能满足延深要求时适用。

(3)延深绞车布置在延深井筒底板岩石的专用硐室中

布置要求 利用下段井筒的生产接力提升绞车作延深绞车 ,作上山绳道与井筒底板贯通 ,出绳口上方挖横截水沟 ,截住井筒上方来水以免流入绞车房内 ,出绳口安置导向轮 ,导向轮外缘不得超过延深井筒外轨面 ,敞口部分用 50mm 厚钢板封盖 ,如图 8-9-8 所示。

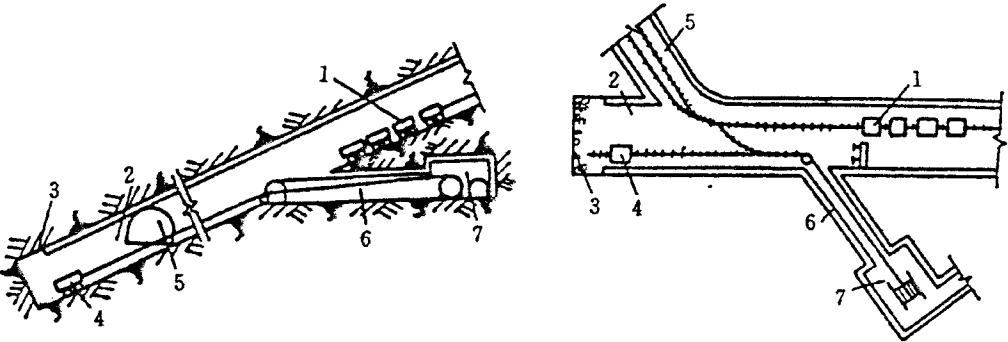


图 8-9-7 延深绞车布置在车场上方专用硐石
1—生产提升矿车 2—延深斜井 3—延深工作面 ;
4—延深提升矿车 5—甩车场 6—绳道 7—延深绞车房

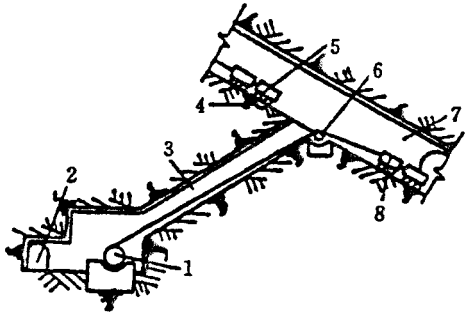


图 8-9-8 延深绞车布置在底板专用硐石
1—延深绞车 2—风道 3—绳道 4—横截水沟 ;
5、8—矿车 6—导向轮 7—延深斜井

优缺点 利用永久提升设备延深 ,提升能力大 ,有利于提高延深速度 ;准备工程量大 ,准备时间长。

适用条件 生产提升机的提升能力有一定富裕但钢丝绳长度不能满足延深要求。

三、利用延深绞车提升上山工作面矸石

按延深绞车提升方式不同可分两种情况。

(一) 上山掘进单段提升

布置要求 :设在上山与平巷接口处一侧的专用绞车 ,提升矿车 ,运送材料和矸石 ,钢丝绳引至工作面越过一个回头轮用挂钩挂在矿车上 ;矿车甩到下部车场后 ,再经生产绞车转排出井 ,如图 8-9-9 所示。

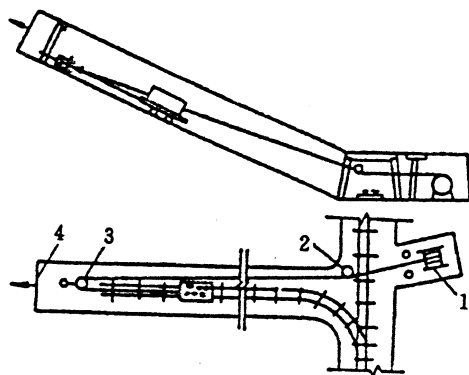


图 8-9-9 上山掘进单段提升示意图

1—绞车 2—立轮 3—滑轮 4—上山掘进工作面

优缺点 :设备型号小 ,硐室工程量小 ,准备工作快 ,提升能力低 ,回头轮安设不牢易出事故。

适用条件 :上山长度不大 ,不超过绞车缠绳长度时适用。

(二) 上山掘进多段提升

布置要求 :在上山中上部增设临时绞车 ,实行分段提升 ,如图 8-9-10 所示。

优缺点 :用小型设备实现长距离上山掘进 ,环节多 ,提升能力低。

适用条件 :上山长度超过一台绞车缠绳量时适用。

四、混合法延深斜井的提升方式

提升方式 :上、下山提升同时进行 ,如图 8-9-11 所示。

布置要求 :在延深斜井中安装两台绞车 ,一台在生产水平以上的底板岩石中 ,绳道透过底板 ;另一台在延深水平车场一侧。两个工作面相向掘进贯通。

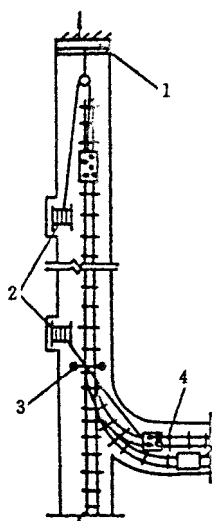


图 8-9-10 上山掘进多段提升示意图

1—上山工作面 2—绞车 3—挡车器 4—下部车场

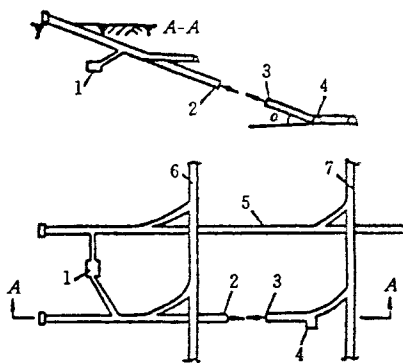


图 8-9-11 上、下山同时延深示意图

1—下山掘进绞车 2—下山工作面 3—上山工作面；

4—上山掘进绞车 5—生产提升井 6—生产水平 7—延深水平

施工时下山工作面矿车由生产水平甩车，上山工作面则由延深水平甩车，再由生产提升转排出井。

优缺点：延深速度快，可缩短施工工期。但辅助工程量大，多一套提升设备和人员，延深施工组织管理工作复杂。

适用条件：已形成延深水平，延深斜长过大或需要将一个生产井筒一次延深几个阶段。

第四节 延深实例

至目前 ,我国斜井延深实例不多 ,但延深的斜长和掘进断面都有较大的 ,施工方案多采用下山延深法 ,贯通施工法也有采用 ,可收集到的延深施工实例参见下表。

表 8－9－1 斜井延深实例

矿井名称	岩石坚固系数 (<i>f</i>)	掘进断面 (<i>m</i> ²)	永久支护	倾角	延深斜长 (<i>m</i>)	施工方案	保护设施	施工天数	延深成井速度 (<i>m</i> /月)
铜川东坡矿二号风井	6～8	13.9	料石	25°17′	438.4	贯通	①	579	22.7
铜川鸭口矿风井	6～8	20.12	料石	25°	555	贯通	①	1290	20～26
开滦林西 11 水平主下山	8～10	9.18	锚喷	19°	430	下山	②	255	50.5
开滦林西 11 水平副下山	8～10	13.33	锚喷	19°	430	下山	②	270	47.7
双鸭山双阳二井主井	6～8	13.9～16	锚喷料石	15°30′	686	下山	③	810	27.4
双鸭山双阳二井一副井	6～8	12.1	锚喷	15°	887	下山	③	810	35.6
双鸭山七星四井主井	6～8	12.8	锚喷	16°30′	1084	下山	③	901	36.2
双鸭山新安斜井主井	6～8	13.9	锚喷	16°30′	951	下山	①	840	34.0
龙凤矿北龙凤三号井	6～8	17.2	锚喷	30°	350	下山	①	217	48.3
老虎台矿人车斜井	10～12	18.4	喷砼	30°	289	贯通	①	281	30.7

注 ①保护设施为 ①—挡车器 ,②—双绳保险 ,③—铁道门 ;
②提升设备均为绞车、矿车。

第十章 斜井施工技术展望

第一节 机械化作业线的几点改进和设想

(1)目前我国一些矿区的斜井施工机械化作业线装备程度较高,施工生产能力比较大,施工速度较快,质量效益都较好,已达到了国内外先进水平。但从整体配套形式看,还不能实现动力单一化,有很多技术问题尚未解决。若井下施工完全用压风动力机械,则井上下施工管理将简化,可减少动力电缆下井,减少大量电器设备,也使井下空间加宽,作业方便。但是目前国内还没有研制斜井风动装岩机械。若全部改用电力机械,采用电动凿岩机,这在技术上是可行的,喷射砼无压风又成问题。因此很难实现这一设想。但至少工作面可采用单一风动机械打眼、锚杆。风动锚杆机钻速和功率有些不足,动力应适当加强,以便使用可靠,达到预期效果。

(2)斜井机械化作业线中的耙斗机装岩、箕斗运输在一定程度上受到巷道断面和坡度的限制。当斜井角度大于 25° 时,耙斗装岩效率将大大降低,装矸速度很慢,应研制适合不同斜井倾角的装岩和运输机械,实现各种条件下的高效、高速度机械化作业。

(3)气腿式凿岩机固然有搬运方便,操作维修简单的优点,但斜井操作工人进出工作面搬运风钻的劳动强度仍然较大,而且多台风钻作业人员多,工作面噪音大、雾气大,虽然有锚杆作临时支护,终究不能全面支护,对顶板的小块岩石在安全管理和防止冒落伤人上没有根本的保证。

总之,今后应立足对国内现有斜井施工机械化装备的全面比较分析,从适应范围的

广度和深度去研究和改进,并结合我国的劳动组织方法,使掘进作业与辅助作业各环节协调一致,进行全面配套完善,创出高效、安全的斜井机械化配套作业线。

第二节 发展与展望

今后相当长一段时间内,斜井施工仍将以钻爆法为主。为进一步完善、提高机械化配套作业线的技术水平,应从以下几方面着手。

一、机械化配套作业线应形成系列

为能在不同条件下选用相应的作业线施工,应使作业线形成系列。目前各地发展很不平衡,有关部门应尽快把作业线定型,以利全国推广。

例如,箕斗容积可分为 4m^3 、 6m^3 和 8m^3 ,相应地轨距分为 900mm、1200mm 和 1500mm 等几个系列;耙斗装岩机的耙斗容积可系列化,分为 0.6m^3 、 0.9m^3 、 1.2m^3 、 1.5m^3 等若干档次,提升机可按滚筒直径来选择,装配式矸石仓及栈桥可分为几种型号,与相应设备配套。

二、进一步完善中深孔光爆

经过近几年的努力,斜井循环进尺已由过去的 $1.2 \sim 1.4\text{m}$ 提高到 $1.8 \sim 2.0\text{m}$,如何把循环进尺提高到 $2.5 \sim 3\text{m}$ 、光爆成型符合使用要求,这是我们面临的新课题。这里涉及到钻具、爆破器材、布眼方式等一系列问题,需要协作攻关。

三、要抓紧研制斜井凿岩台车

为提高打眼的机械化水平,一些单位在耙斗式装岩机的基础上,研制改进形成钻装机,并组成以钻装机为主的机械化作业线。1978 年我国还引进了一批 2000DL 液压钻装机,有的也组成了机械化作业线。但是,国产钻装机打眼速度低于多台气腿式风动凿岩机,且设备的结构、性能尚不完善,未能推广使用,进口的 2000DL 钻装机也存在钻臂少、备件供应不足等问题,目前也未能继续使用,有待在实践中进一步完善。因此,应研制适合斜井耙斗机装岩条件下的小型凿岩钻车或使现有凿岩台车适应大倾角的要求,来实现快速、安全的凿岩工作。

四、应研制适合倾角大于 25° 的装岩设备

我国目前普遍使用以耙斗机装岩为主形成的机械化配套作业线,这使得凿岩台车无法到工作面仍用气腿式凿岩不能实现全机械化。我国目前的侧卸装岩机只能适应倾角 18° 左右的斜井,英国、日本、德国等国家都有适合倾角 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的斜井的装岩设备,美国使用铲运机,也能适应大倾角的要求。澳大利亚、加拿大、南非(阿扎尼亚)、美国、前苏联等国都曾采用一不同类型的抓岩机进行斜井装岩工作。我国应重视大倾角斜井装岩设备的研制工作。

五、完善潮喷或湿喷

我国目前潮喷技术尚不完善,特别是在斜井施工中,长距离输料和潮喷还不能适应施工的需要。因此,进一步研究并完善潮喷或湿喷技术,减少喷射回弹量,降低粉尘浓度,以搞好综合防尘。这在今后的斜井施工中尤为迫切。

六、防治水技术亟待提高

斜井施工中的少量涌水($< 5\text{m}^3/\text{h}$),一般采用潜水泵排入箕斗,随矸石一起升井。涌水量在 $5\text{m}^3/\text{h}$ 以上时,可采取截、堵水措施后,开凿水仓泵房,转排至地面。然而在遇到较大涌水时,治理则费工费时,影响作业环境 and 安全,影响机械化设备作用的全面发挥,进而严重影响施工速度。近年来,不少井筒应用工作面预注浆、壁后注浆和井点降水位等方法治理涌水,取得了成功。但技术不完善,可靠程度还不高。因此进一步研究斜井施工中的防治水技术也是一个重要课题。

七、施工队伍专业化

与立井施工一样,斜井施工也有自身特点。每个矿区应保持一两支稳定的斜井施工专业队伍,该队伍有定型化设备,待准备工作完成后,专业队就能正常施工,千米井筒 4~5 个月即可到底,并可为矿区斜井井筒延深和上、下山施工服务。

八、管理手段进一步现代化

今后一方面要继续完善和提高斜井施工作业线,同时也要使管理手段进一步现代化,广泛利用科技新成果。例如微机、网络技术和工业电视的应用,以及信号、通讯、瓦斯监控等方面的智能化、自动化,使斜井施工的管理水平进一步提高。